

**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**



**Inventario de mercurio metálico en el Hospital General de Accidentes  
"Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)**

**Estéfany Sofía Dubón Martínez  
Química Farmacéutica**

**Guatemala, Octubre del 2016**

**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background. At the top of the shield is a golden dome with a cross. Below the dome are two golden lions rampant. In the center of the shield is a figure of a saint, likely St. Charles, wearing a red and white robe and a red hat. Below the saint is a golden banner with the word 'PIETAS'. At the bottom of the shield is a figure of a knight on a white horse, holding a lance. The shield is flanked by two golden pillars. The entire shield is set against a light blue background. The seal is surrounded by a grey border with the Latin motto 'CETERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALTEMSIS INTER' written in white capital letters.

**Inventario de mercurio metálico en el Hospital General de Accidentes  
“Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)**

**Informe de Tesis**

**Presentado por:  
Estéfany Sofía Dubón Martínez**

**Para optar por el título de:  
Química Farmacéutica**

**Guatemala, Octubre del 2016**

## JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
M.A. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	Vocal IV
Br. Carol Andrea Betancourt Herrera	Vocal V

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida y por permitir cumplir esta meta tan importante en mi vida.

A mi mamá por su valiosa ayuda y apoyo durante la carrera, por su paciencia y confianza. A mi hermano por tu ayuda y apoyo que me brindaste durante mi carrera. A mis abuelitos, por acompañarme en cada paso de mi vida.

A mi familia por acompañarme durante esta etapa de mi vida, por apoyarme y estar siempre conmigo, en las buenas y en las malas y por darme ánimos cuando sentía recaer.

Al personal del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), por su valiosa ayuda y apoyo en las encuestas realizadas, para concluir este trabajo.

A la licda. Carolina Guzmán por guiarme y realizar este trabajo conmigo, por su tiempo, ayuda, consejos y apoyo, sin los cuales no hubiera podido culminar esta investigación. A la licda. Yolanda Juárez por su apoyo, tiempo y ayuda para la realización de las encuestas en el Hospital, por ayudarme con su valioso tiempo a realizarlas y así poder culminar este trabajo.

A la licda. Cinthya Rivera por su valiosa ayuda y consejos para que este trabajo quedara bien estructurado en la última etapa. Fue un privilegio para mí el tenerla como revisora.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia por formarme como profesional en la carrera Química Farmacéutica. A los catedráticos de la Facultad por transmitir sus conocimientos, orientarme y apoyarme durante mi carrera.

## DEDICATORIA

A Dios por ser el camino de mi vida, por bendecirme con una linda familia y buenas amistades, por guiarme y acompañarme en todo momento y poner en mi camino personas importantes que me enseñaban a superarme día a día.

A mi papa, aunque ya no estas, sabes que este logro es gracias a ti, porque siempre has sido mi fuerza y mi motivo de querer ser mejor persona y mejor mujer. A mi mama por apoyarme, creer en mí y siempre recordarme que debo de dar lo mejor de mí en todos los momentos de la vida. Por tu ejemplo de perseverancia y constancia para poder alcanzar tus ideales, así alcanzar los míos también. Por tu maravilloso amor, que siempre tuviste las palabras adecuadas para animarme a seguir adelante. A mi hermano Edy, por ser mi inspiración, y darme siempre ánimos para esforzarme en todo lo que hago, por creer en mis metas e ideales y siempre impulsarme a que los alcance, ya que los limites los pone uno.

A mi bebe, Mattias, porque con tus ojos me indicas que soy tu ejemplo, tu modelo a seguir y por ello quiero ser mejor día con día. Y con este triunfo, te quiero demostrar que se puede alcanzar los ideales. A Andree por su apoyo incondicional y amor.

A mi abuelita María por su inmenso amor, por sus consejos y su apoyo incondicional. A mi abuelito Beto, aunque no me puede ver alcanzar la meta, sé que estará orgulloso de que finalmente culmine mi carrera universitaria.

A mi familia Martínez, por ser un pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica como en la vida, por su incondicional apoyo. Los admiro y aprecio mucho, Any, Tita y Martín. A mis primos por compartir conmigo tantas experiencias, consejos, por ser mis amigos incondicionales, alegrar mi vida y ser personas muy especiales. Su cariño, apoyo y amistad son lo más importante para mí. Los quiero mucho Vivi, Ana Gabriela, Marito, Jimena y Luisito.

## INDICE

Tema	Página
I. Resumen	2
II. Introducción	4
III. Antecedentes	7
IV. Justificación	14
V. Objetivos	16
VI. Hipótesis	17
VII. Materiales y métodos	18
VIII. Resultados	20
IX. Discusión de resultados	42
X. Conclusiones	47
XI. Recomendaciones	48
XII. Referencias bibliográficas	50
XIII. Anexos	53

## I. RESUMEN

A nivel mundial por medio del Convenio de Minamata sobre el mercurio, se regula dicho metal para proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio. En dicho convenio se prohíbe la fabricación, importación y exportación de los productos con mercurio añadido. Se promueve la elaboración y ejecución de estrategias y programas para identificar y proteger a las poblaciones en situación de riesgo.

El mercurio es un elemento que se encuentra en el aire, agua y suelo. Este metal se utiliza en varios instrumentos hospitalarios, se encuentra en fuentes como termómetros, bombillas fluorescentes, sondas gastrointestinales, interruptores eléctricos, esfigmomanómetros, tubos gastrointestinales, materiales del laboratorio clínico y en amalgamas odontológicas. El inventario realizado es de suma importancia ya que nos indica cuales son las fuentes de mayor cantidad.

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala en el año 2007 por medio del proyecto denominado CAFTA-DR ( Tratado de libre comercio entre Estados Unidos, cinco naciones de América Central y República Dominicana) llevado a cabo en El Salvador; se planteó la necesidad de desarrollar inventarios de productos que contienen mercurio para ayudar a los países involucrados (Guatemala, Costa Rica, Honduras y Nicaragua), con el fin de identificar áreas prioritarias y el manejo adecuado del metal. Desde entonces, se han desarrollado inventarios en Centros Hospitalarios del país.

El objetivo general del estudio fue realizar un inventario de mercurio metálico en el Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). Los objetivos específicos fueron determinar las principales fuentes de mercurio metálico, obtener datos cuantitativos de la cantidad de mercurio metálico que se utiliza, y proporcionar alternativas sustitutivas de los materiales

hospitalarios que contengan mercurio metálico por opciones más seguras y menos tóxicas.

El estudio es descriptivo y la información recolectada fue a través de una encuesta al personal de cada servicio en el hospital. A través de esta encuesta se obtuvo la información sobre las fuentes de mercurio metálico presentes en cada servicio. Se cuantificaron los datos obtenidos de acuerdo a la tabla del Programa de Naciones Unidas para el desarrollo PNUD, y así obtener los gramos del metal en cada servicio. Posteriormente, los datos fueron representados en tablas para identificar donde se encuentra el mayor porcentaje de mercurio en el hospital.

El resultado del inventario realizado arroja la cantidad de 30,168.5 gramos (30.1685 kg) de mercurio metálico como parte de los insumos del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), cantidad que de ser liberada sin una gestión adecuada podría causar un daño importante al ambiente.

La principal fuente de mercurio metálico detectada fue en los barómetros representando el 72.211% de la totalidad de mercurio contabilizado, en segundo lugar se encuentra la iluminación con un porcentaje de 14.201%, la tercer fuente son los esfigmomanómetros representando un 6.483%. La siguiente fuente son las fuentes gastrointestinales con 3.513%, la quinta fuente fueron los termómetros con 2.963% y por último los aparatos interruptores con 0.626%.

## II. INTRODUCCIÓN

El mercurio es un metal presente en la naturaleza que se encuentra en diversas formas químicas. Es un líquido denso, inodoro. Este metal a temperatura y presión normal (ambiente) se presenta como líquido plateado, con una capacidad de evaporación fácil, y permanece en la atmósfera más o menos hasta un año. (Salud sin Daño, 2010)

El mercurio es un compuesto químico de preocupación mundial debido a que se transporta en la atmósfera a largas distancias. El mercurio es persistente en el medio ambiente, posee capacidad de acumularse en los ecosistemas y lo más importante sobre este metal son sus efectos adversos para la salud humana y el ambiente. (Salud sin Daño, 2010)

El mercurio es altamente tóxico y por ello es importante realizar un estudio sobre la situación actual de este metal, así mismo proponer nuevas sustancias que puedan sustituirlo, para evitar daños irreparables a nivel de salud humana y el medio ambiente. Y estas sustituciones que puedan tener la característica de ser segura y de costo accesible para retirar por completo la contaminación provocada por el mercurio. (Salud sin daño, 2013)

El mercurio es utilizado en termómetros para medir la temperatura corporal, en esfigmomanómetros (instrumento utilizado para la presión arterial), amalgamas dentales, lámparas fluorescentes, pilas, plaguicidas y pinturas entre otros. Anteriormente se ha realizado; principalmente por países desarrollados, Europa y América del Norte, inventarios de mercurio a nivel de la industria, minería y sector de salud, para determinar la cantidad de mercurio y determinar el daño que ha ocasionado el mismo. En estas investigaciones se determinó que los niveles de mercurio sobrepasan los límites recomendables hasta diez veces, por lo que se han tomado medidas para la eliminación del metal de todas las áreas contaminadas.

Ante la preocupación mundial de la contaminación provocada por el mercurio, se ha creado un Nuevo Acuerdo Internacional en Kunamoto, Japón donde participaron los 140 países que firmaron el Convenio de Minamata sobre el mercurio, para eliminar el mismo. Este Acuerdo Internacional tiene como objetivo principal, proteger la salud humana y el ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio.

A raíz de estos Acuerdos Internacionales se ha propuesto la eliminación de mercurio en el sector salud. Varios estudios realizados han aportado información que existe una alta liberación del metal, provocando una contaminación ambiental.

A nivel internacional, Salud sin daño, está promoviendo la preocupación sobre la contaminación y los efectos en la salud y ambiente. Esta coalición internacional ha trabajado para transformar el sector de la salud para que no sea una fuente de daño para las personas y el ambiente. Esta coalición está conformada por hospitales y sistemas de salud, asociaciones de trabajadores, médicos, enfermeros, ONG's. En forma conjunta con la Organización Mundial de la Salud (OMS), lideran una iniciativa Global que tiene como finalidad reducir al menos 70% el uso de termómetros y tensiómetros que contengan mercurio y reemplazar la producción por alternativas libres de ese metal que sean precisas, accesibles y seguras. El año meta es para el 2017.

El objetivo del estudio fue realizar un inventario del mercurio metálico presente a nivel del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), ubicado en la 13 avenida 1-51 zona 4 de Mixco, Guatemala. Para obtener datos cuantitativos que reflejen la situación actual del uso de este metal, y dar a conocer los riesgos de exposición al mismo para el personal que labora y pacientes del hospital.

Se determinó las fuentes de mercurio elemental disponible en este centro de salud, y se evaluó la factibilidad de utilizar alternativas libres de este contaminante, y se propuso ante las autoridades del país y de este centro de salud.

La recopilación de información fue por encuestas realizadas al personal que labora en este hospital para obtener la cantidad en gramos correspondiente al peso total del mercurio por tipo de material y por la totalidad de mercurio manejado a nivel del hospital. Los valores de referencia se tomaron de la página de Hospitales para un Ambiente Saludable (Hospitals for a Healthy environment), del Colegio Oficial de Farmaceútics de Gipuzkoa, España; Joint Commision on Accreditation of Healthcare Organizations (JCAHO Environment of Care Standars), Toxics Link.

### III. ANTECEDENTES

Debido a la elevada toxicidad que produce el mercurio en la salud humana y ambiente, los países involucrados han establecido medidas para manejar las exposiciones nocivas de este metal. Para iniciar este movimiento es importante conocer los antecedentes de eliminación del uso de mercurio en centros de Salud.

En el año 2014 Karen Patricia Villavicencio Chiu realizó el informe de tesis titulado “Diagnóstico de la cantidad de mercurio y el riesgo que involucra su manejo en un hospital de la ciudad de Guatemala” de la Universidad del Valle de Guatemala, para optar al grado académico de Licenciada en Química Farmacéutica. Obteniendo un resultado de 6,707.74 gramos de mercurio totales. (Villacencio Chiu, 2014)

En Octubre 2013 en Japón, los gobiernos de todo el mundo firmaron un tratado global para eliminar gradualmente el uso y las emisiones de mercurio, para darle fin a la fabricación, importación y exportación de dispositivos médicos con mercurio para el año 2020. Teniendo el respaldo del Convenio de Minamata. (Salud sin daño, 2013)

En Abril del 2013 Eylin Lai-Mi León Zeceña realizó el informe de tesis titulado “Inventario de mercurio metálico presente en hospitales públicos ubicados en los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango de Guatemala”, para optar al grado académico de Licenciada en Química Farmacéutica. Obteniendo un resultado de 15.496 kg de mercurio metálico, en el hospital “Pedro Betahancourt” Antigua Guatemala, Sacatepequez. En el Hospital Nacional de Chimaltenango se contabilizó 15.496 kg y 7.108 kg de mercurio metálico. (León Zeceña, 2013)

En el año 2013, se realizó por parte del Centro SOA-SALTRA Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, un taller sobre Hospitales Saludables, donde se expusieron temas sobre el mercurio, la experiencia en Guatemala, generalidades, toxicidad y eliminación en el sector salud. En este taller se presentaron resultados

de inventarios desarrollados en los hospitales de Jutiapa, San Marcos, Chimaltenango y Antigua Guatemala.

En el año 2011, Gloria Celeste Vargas García realizó el informe de tesis titulado “Eliminación de desechos de mercurio (Hg) en los hospitales de más de 50 camas de la Ciudad de Guatemala” de la Universidad San Carlos de Guatemala, para optar el grado académico de Licenciada en Química Farmacéutica. El objetivo del estudio fue evaluar los procedimientos de manejo y eliminación de los desechos de mercurio por parte del personal encargado de los hospitales de más de 50 camas de la ciudad de Guatemala. La investigación reveló que no existen mecanismos de control ni tratamientos previos así como procedimientos adecuados para descartar el mercurio de los hospitales en estudio. (Vargas García, 2011)

En el año 2008 Jennifer Patricia Contreras Rivera realizó el informe de tesis titulado “Inventario de Mercurio metálico presente en hospitales públicos y privados con capacidad mayor de 50 camas, ubicados en la Ciudad de Guatemala” para optar al título de Química Farmacéutica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El objetivo general fue realizar un inventario de mercurio metálico presente en hospitales públicos y privados. Se determinaron las principales fuentes de mercurio presentes en los hospitales de estudio y se proporcionó alternativas para la sustitución de dichos materiales por opciones más seguras y menos tóxicas. Obteniendo un total de 26.781 kg de mercurio metálico. (Contreras Rivera, Inventario de Mercurio metálico presente en hospitales públicos y privados, 2008)

En el año 2008, Ricardo Carillo Cotto realizó un informe final titulado “Exposición ocupacional al mercurio en estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, estudio basal 2006”. El objetivo de la investigación fue determinar la exposición ocupacional al mercurio en estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos. Se concluyó que los niveles de excreción de mercurio en orina están en un rango normal para los trabajadores expuestos (20µg/L). (Carillo Cotto, 2006)

En el año 2007 el proyecto denominado CAFTA-DR (Tratado de libre comercio firmado entre los Estados Unidos y cinco naciones de América Central y la República Dominicana) llevado a cabo en El Salvador; se planteó la necesidad de desarrollar inventarios de productos que contengan mercurio para ayudar a los países involucrados (Guatemala, Costa Rica, Honduras y Nicaragua), identificar áreas prioritarias y el manejo adecuado del metal en estudio. El proyecto consistió en dos actividades principales: 1) proporcionar apoyo para desarrollar inventarios regionales y nacionales de mercurio y generar la información necesaria para identificar prioridades para reducir los riesgos causados por el mercurio, 2) presentar proyectos de demostración para reducirlo o eliminarlo. El principal objetivo fue un plan para la eliminación de mercurio en hospitales. (Salud sin Daño, 2010; daño, 2010)

En el año 2006 el Dr. Arreaga realizó un estudio de “Cuantificación de la concentración mercurial en los ambientes clínicos y preclínicos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala”, en el que concluyó que no se encontraron trazas de mercurio en los filtros utilizados para el muestreo, por lo tanto no fue posible determinar la concentración del vapor de mercurio en el ambiente de las clínicas odontológicas que participaron en el estudio. (Arriaga Gudiel, 2006)

En el año 2006, el parlamento Europeo aprobó una iniciativa para la prohibición de la venta de termómetros de mercurio en todo el territorio comunitario para evitar el riesgo que el tóxico representa para los humanos y en el ecosistema. Sin embargo, en julio de 2007 cuando se establecieron los 27 estados miembros de la Unión Europea, se estableció que tenían que adoptar legislaciones nacionales para restringir la comercialización de los equipos de medición que contenían mercurio. (daño, 2010)

En al año 2006, en Argentina, el Hospital General de Agudos “Bernardino Rivadavia”, realizó una investigación en su área de Neonatología para detectar

agentes potenciales de contaminación y riesgo para los niños de esta unidad hospitalaria. Detectaron que los insumos médicos con mercurio eran la mayor cantidad. Este estudio determinó una cantidad de 270 gramos y 360 gramos de mercurio metálico por rotura de termómetros y que la Farmacia externa producía una emisión anual de 240-300 gramos del mismo por los termómetros vendidos al público.

En el año 2006, países de América del Norte realizaron inventarios nacionales sobre descarga de contaminantes relativos a sustancias tóxicas, entre éstas el mercurio; participaron el National Pollutant Release Inventory (NPRI) de Canadá, el Toxics Release Inventory (TRI) de Estados Unidos, y el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de México. En los Estados Unidos los estados de San Francisco, California, Ann Arbor, Michigan, Duluth, Minnesota, Boston, Massachusetts, Chicago, Illinois, New Hampshire, Maryland y Minnesota está restringido y prohibido la venta y el uso de termómetros y esfigmomanómetros de mercurio.

En el año 2005, se originó un Convenio sobre protección del medio marino del Nordeste Atlántico, en el Reino Unido. Ya que se descargan anualmente a las cloacas, a la atmósfera y al suelo, 7.41 toneladas de mercurio proveniente de las amalgamas dentales, junto con 11.5 toneladas enviadas para reciclar o disponer con las corriente de residuos médicos. El mercurio contenido en las amalgamas dentales y en los insumos médicos y de laboratorio en conjunto, representó alrededor del 53% del total de las emisiones de mercurio.

En el año 2005, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente (PNUMA) informó sobre la evaluación global de mercurio, para reducir los riesgos provocados por las emisiones de este metal para la salud humana y el ambiente. Estas asociaciones están enfocadas a los productos de uso hospitalario y en la elaboración de inventarios de productos que contienen este

metal, y ha dado resultados satisfactorios. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2011)

En el año 2005 se realizaron inventarios de mercurio en México a nivel de las plantas industriales y sitios donde se conoce concentraciones elevadas de dicho metal.

En el año 2003, la Agencia de Vigilancia Sanitaria del Ministerio de Salud (ANVISA) ejecutó en el área hospitalaria de San Pablo Brasil, el trabajo titulado “Eliminación de mercurio en el área hospitalaria de San Pablo, Brasil”, relacionado con el uso de aparatos con mercurio con el objetivo de eliminar la utilización en el área de la salud de todo este país, para la prevención de intoxicación y contaminación del ambiente con mercurio.

En el año 2002, el Ministerio de Ambiente de Ontario, Canadá, declaró que las emisiones de los incineradores generan la cuarta parte de contaminación de mercurio. Se realizaron estudios en Canadá que confirmaron que los establecimientos de salud son una de las principales fuentes de liberación de mercurio a la atmósfera, por las emisiones de la incineración de los residuos médicos. El Centro Médico de la Universidad de California, de Los Ángeles determinó que los termómetros de mercurio rotos representan el 55% del total de los derrames de mercurio.

En el año 2000, en Puerto Rico se realizaron inventarios de materiales cuyos desperdicios son dañinos para la salud, entre ellos las baterías, termostatos, tubos de lámparas fluorescentes. El propósito de este inventario fue realizar una Reglamentación que indique como almacenar, utilizar y desechar todos estos artefactos que EPA los considera como desechos universales.

Ese mismo año, el Hospital Dominicano Santa Cruz (DSCH) y el Centro Médico Regional de Contra Costa (CCRMC) ubicados en California, Estados Unidos. Se tomaron medidas reemplazando esfigmomanómetros y termómetros de mercurio con alternativas aneroides y digitales.

En el año 1999, el Departamento de Servicios de California (CA DHS) realizó inventarios de mercurio en seis hospitales del norte de California, y encontró que los esfigmomanómetros y los instrumentos de gastroenterología representan el 89% del mercurio en estos hospitales.

En el año 1998, se realizó un acuerdo entre la Asociación Americana de Hospitales (American Hospital Association) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA U.S Environmental Protection Agency) para la eliminación de mercurio de las actividades sanitarias antes del 2005.

En Canadá, el Ministerio de Recursos Naturales (Department of Natural Resources) realiza cada año un estudio sobre la producción de mercurio industrial en su primera etapa del procedimiento. Se realizó también inventarios nacionales de emisiones de contaminantes.

En el año 1997, la EPA (Environment Protection Agency) emitió estándares para regular las emisiones de mercurio provenientes de los incineradores de desechos médicos (MWIs) y por el cumplimiento de esta medida las emisiones de mercurio son 95% menores que en 1990. Sin embargo, también reportó que los incineradores de residuos médicos pueden haber sido responsables de aproximadamente el 10% de todo el mercurio emitido al aire en ese país en 1997, revelando que el sector de cuidado de la salud ocupa el cuarto lugar entre las fuentes de emisión de mercurio al aire debido a la incineración de residuos médicos. (Environmental Protection Agency (EPA), 2014)

En el año 1992, el Instituto de la Calidad del Agua (Water Quality Institute) en Dinamarca, con la ayuda de Suecia, empezó a reunir datos para la elaboración de una Monografía sobre reducción de riesgos de mercurio.

En el año 1991, la OMS (Organización Mundial de la Salud) confirmó que el mercurio se encuentra en amalgamas dentales; conformado de una mezcla de mercurio 45-

55% y una aleación metálica. Exponiendo a las personas afectadas a niveles de mercurio que exceden significativamente aquellos establecidos para alimentos y aire. (Organización Mundial de la Salud, 2013)

Según el National Institute of Dental Research el estudio titulado “Mercury concentration in urine and blood associated with amalgam exposure in the U.S Military population” (Concentración de Mercurio en orina y sangre asociadas con la exposición a amalgamas en la población militar de Estados Unidos). Se realizaron pruebas de laboratorio que muestran que una persona promedio con amalgama dental presenta una exposición diaria a mercurio diez veces mayor que una persona que carece de amalgamas.

En el año 1990, el estado de California, Estados Unidos; se realizó una Campaña salud sin daño, el cual es una asociación internacional integrada por más de 360 organizaciones en 40 países, que trabajan en conjunto con diversos hospitales y gobiernos para llevar a cabo la eliminación progresiva del mercurio en el sector de salud. Logrando la realización de inventarios de mercurio en varios hospitales y centros de cuidados de la salud, la eliminación casi completa del mercado de los materiales médicos con mercurio en Estados Unidos y la generación de alternativas más seguras, el cierre de incineradores de residuos médicos, la promoción de tecnologías y prácticas de manejo de los residuos más seguros en Estados Unidos y alrededor del mundo.

La EPA realizó el Inventario de Emisiones y según este, los incineradores de desecho médico, emitieron cerca de 50 toneladas anuales del total de emisiones nacionales de mercurio al aire. (Environmental Protection Agency (EPA), 2014)

En el año 1980 se llevó a cabo la eliminación de esfigmomanómetros de mercurio en hospitales de Suecia. En 1993 se prohibió la venta de productos conteniendo el metal y en 1998 las técnicas de medida de presión arterial en brazos se basaron en instrumentos libres de mercurio.

#### IV. JUSTIFICACIÓN

El mercurio es un metal presente en la naturaleza. Este metal a temperatura y presión normal (ambiente) se presenta como líquido blanco plateado que se evapora con facilidad teniendo la capacidad de permanecer en la atmósfera hasta por un año. (Salud sin Daño, 2013)

El mercurio metálico es poco soluble y poco tóxico por ingestión. Puede emitir vapores a cualquier temperatura, incluso a temperatura ambiente (20-25°C), lo que provoca que sea peligroso para la salud, dando lugar a intoxicaciones agudas y crónicas, ya que la absorción de los vapores en los alveolos pulmonares es aproximadamente de 80%. (Grau, 2003)

Pese a su toxicidad, el mercurio es utilizado a nivel de la industria. Algunos de los utensilios médicos que poseen este metal son esfigmomanómetros, tubos gastrointestinales, termómetros, materiales de laboratorio clínicos y odontológicos, debido a su fácil adquisición, manejo y bajo costo.

La contaminación por mercurio presenta un grave problema para la salud humana y ambiental, que causa una variedad de efectos adversos en todo el mundo.

El Convenio de Minamata sobre mercurio a nivel internacional , establece que se debe proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio; el Convenio alienta a promover la elaboración y la ejecución de estrategias y programas que sirvan para detectar y proteger a las poblaciones en situación de riesgo. (Salud sin daño, 2014)

La determinación de la cantidad de mercurio metálico permitió adquirir un dato que reflejara la probabilidad de exposición que las personas de la salud (pacientes o trabajadores) poseen. Por lo que este estudio contribuyó a presentar sustitutos al mercurio metálico, evitando así fuentes de contaminación.

Las medidas de eliminación del mercurio deben realizarse alrededor del mundo, ya que la contaminación con mercurio de cualquier país contribuye a la carga global que está afectando nuestros recursos naturales y la salud de los pueblos, a través del proceso de bio-acumulación (en la que las concentraciones del metal en estudio incrementan en los organismos vivos, a medida que avanza la cadena trófica, provocando toxicidad en los mismos) y la liberación de vapores al ambiente, los cuales son inhalados por seres vivos ocasionando daño pulmonar, nervioso o renal. La eliminación de mercurio en los Centros Hospitalarios es una acción mundial. Es de suma importancia que Guatemala forme parte de este movimiento, para beneficiar la vida humana, animal y ambiental.

## V. OBJETIVOS

### A. General

Realizar un inventario de mercurio metálico presente en el Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

### B. Específicos

Determinar las principales fuentes de mercurio metálico en el Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

Obtener datos cuantitativos de la cantidad de mercurio metálico que se utiliza en el Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

Proporcionar alternativas sustitutivas de los materiales hospitalarios que contengan mercurio metálico por opciones más seguras y menos tóxicas.

## VI. HIPÓTESIS

Este trabajo no incluye hipótesis por ser un estudio de tipo descriptivo cualitativo.

## VII. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Universo del estudio

El universo del trabajo son los hospitales del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

### B. Muestra del estudio

La muestra estuvo conformada por el Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

### C. Materiales

- Hojas bond tamaño carta
- Tinta negra y color para impresora
- Folder tamaño carta
- Fotocopiadora
- Computadora
- Impresora
- Internet
- Lápices

### D. Métodos

#### 1. Criterios de inclusión

- Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

#### 2. Criterios de exclusión

- Hospitales del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
- Hospitales públicos y privados de la ciudad de Guatemala.

## E. Metodología

1. Se revisó la literatura e información electrónica para la búsqueda de antecedentes de inventarios de mercurio metálico y demás información relacionada con el tema a investigar.
2. Se elaboró una encuesta dirigida al personal del Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).
3. Se visitó el Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), y se realizó la encuesta al personal. Dentro de los datos recopilados están incluidas todas las áreas del Hospital.
4. Se tabularon los datos recopilados en tablas y gráficas.
5. Se evaluó y discutió los resultados obtenidos.
6. Se redactaron las conclusiones de acuerdo a los datos recopilados.
7. Se efectuó una propuesta al Director del Hospital para la sustitución de los insumos que contienen mercurio.

## VIII. RESULTADOS

**Tabla no. 1** Codificación de áreas del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

<b>Nivel</b>	<b>Servicio</b>	<b>Código</b>
<b>Sótano</b>	Unidad de terapia respiratoria	UTR
	Unidad de quemados	UQ
	Central de equipos	CE
	Unidad de terapia intensiva 1	UTI1
	Unidad de terapia intensiva 2	UTI2
	Sala de operaciones	SO
	Recuperación	RE
	Hospital de día	HD
	Emergencia	EM
	Observación	OB
	Banco de sangre	BS
<b>Primero</b>	Módulo de miembro inferior	MMI
	Módulo de miembro superior	MMS
	Módulo de pelvis y cadera	MPC
	Módulo de especialidades cirugía 1	CH1
	Cirugía de columna y artroscopia	CCA
	Consulta externa	CE
	Oftalmología	OF
<b>Segundo</b>	Módulo de especialidades ortopedia mujeres	MEOM
	Módulo de ortopedia mujeres	MOM
	Cirugía mujeres	CM
	Cirugía hombres 2	CH2
	Neurocirugía	NE
	Pediatría	PE
<b>Exterior</b>	Mantenimiento	MA

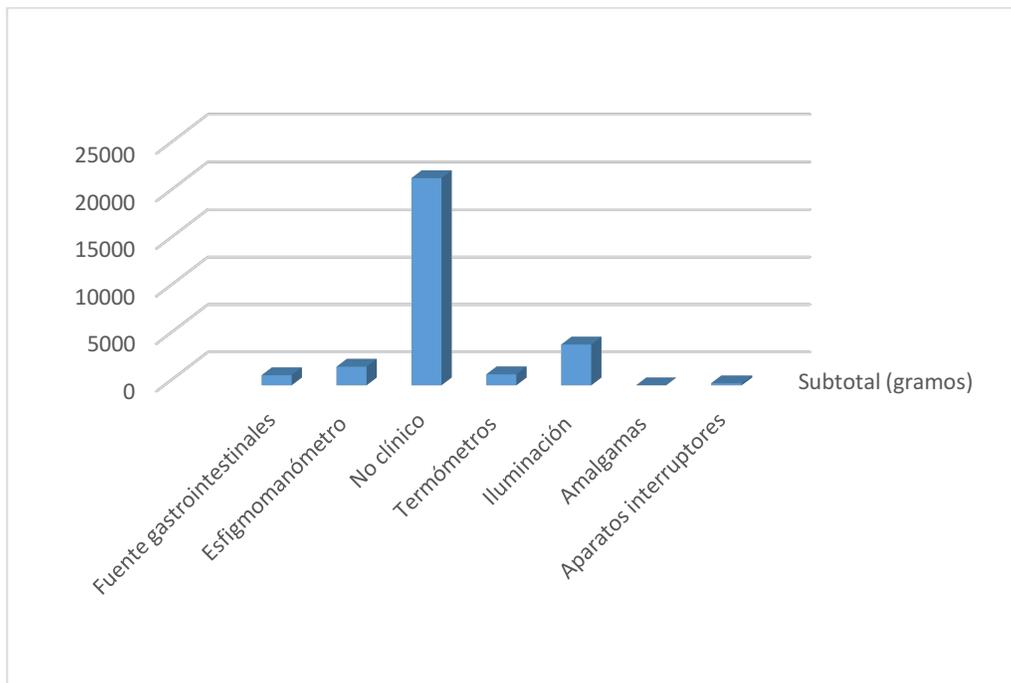
Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

Tabla no. 2 Hoja de inventario de mercurio metálico

Fuente	Piso del Hospital				Subtotal (gramos)	% Total
	Sótano (gramos)	Primer nivel (gramos)	Segundo nivel (gramos)	Exterior (gramos)		
<b>Fuente gastrointestinales</b>	740.000	0.000	320.000	0.000	1060.000	3.513%
<b>Esfigmomanómetro</b>	1400.000	180.000	166.000	210.000	1956.000	6.483%
<b>No clínico</b>	7500.000	685.000	8000.000	5600.000	21785.000	72.211%
<b>Termómetros</b>	234.500	108.500	301.000	250.000	894.000	2.963%
<b>Iluminación</b>	720.500	374.000	440.000	2750.000	4284.500	14.201%
<b>Aparatos interruptores</b>	48.000	2.000	49.000	90.000	189.000	0.626%
<b>Total de mercurio</b>	10,643.000	1349.500	9276.000	8900.000	<b>30,168.500</b>	<b>100%</b>
<b>% correspondiente al total de mercurio encontrado</b>	35.279%	4.473%	30.747%	29.500%	100.000%	

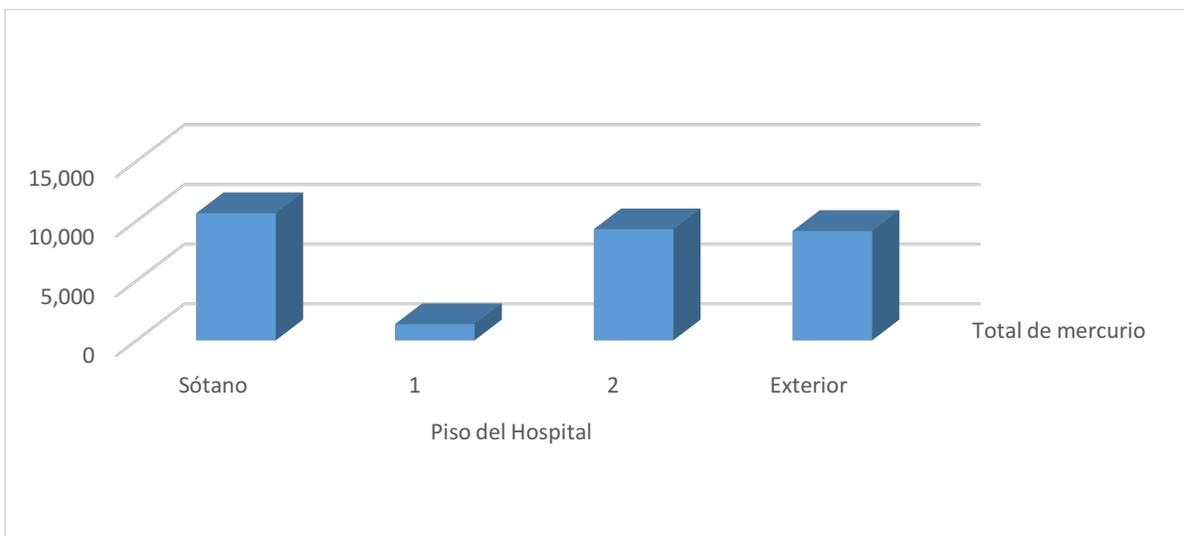
Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto  
Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Grafica no. 1** Hoja de inventario de mercurio metálico según la fuente (relación tabla No. 2)



Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Grafica no. 2** Hoja de inventario de mercurio metálico con relación a su ubicación (relación tabla No. 2)



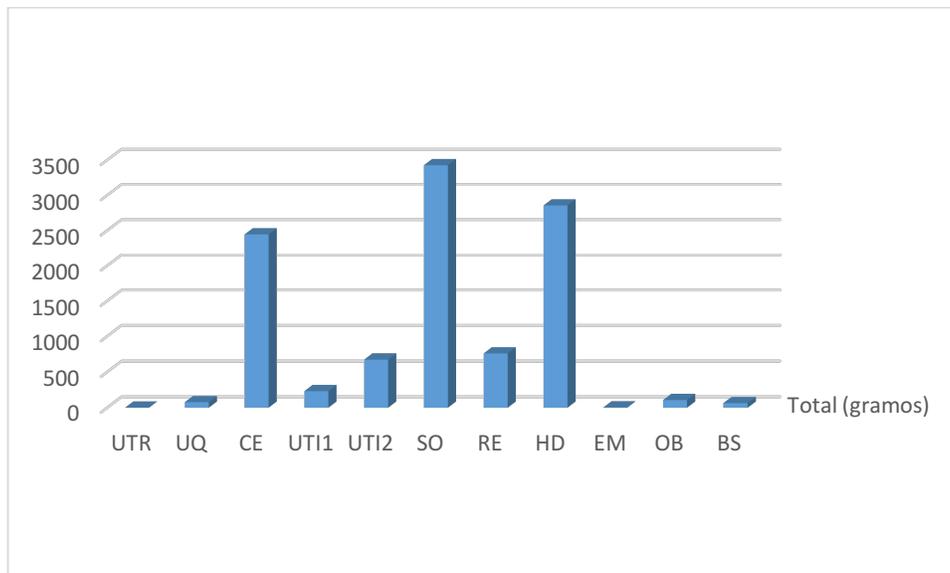
Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Tabla no. 3** Inventario de mercurio metálico en el sótano del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

Fuente	Gastroenterología (gramos)	Esfigmomanómetro (gramos)	No clínico (gramos)	Termómetros (gramos)	Iluminación (gramos)	Aparatos interruptores	Total (gramos)
UTR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
UQ	0.000	0.000	0.000	28.000	49.500	0.000	77.500
CE	0.000	0.000	2400.000	28.000	16.500	0.000	2444.5000
UTI1	160.000	0.000	0.000	17.000	55.000	0.000	232.000
UTI2	180.000	83.000	300.000	24.500	49.500	36.000	673.000
SO	400.000	415.000	2400.000	35.000	165.000	12.000	3427.000
RE	0.000	570.000	0.000	25.000	165.000	0.000	760.000
HD	0.000	332.000	2400.000	41.000	82.500	0.000	2855.500
EM	0.000	0.000	0.000	2.500	0.000	0.000	2.500
OB	0.000	0.000	0.000	24.500	82.500	0.000	107.000
BS	0.000	0.000	0.000	9.000	55.000	0.000	64.000
<b>TOTAL</b>	740.000	1400.000	7500.000	234.500	720.500	48.000	<b>10,643.000</b>

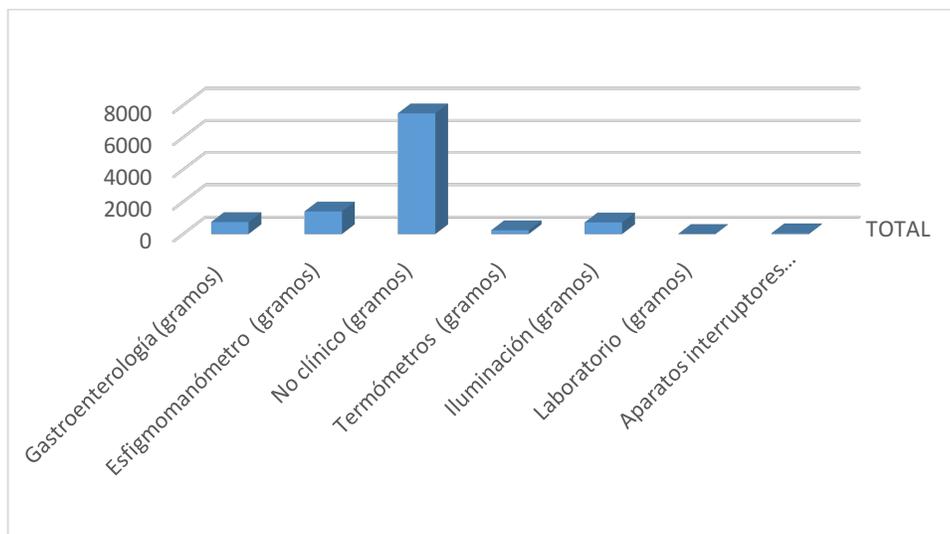
Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Grafica no. 3** Inventario de mercurio metálico en el sótano del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) por servicio. (Relación Tabla no. 3)



Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Gráfica no. 4** Inventario de Mercurio metálico en el Sótano del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) según la fuente. (Relación con table no. 3)



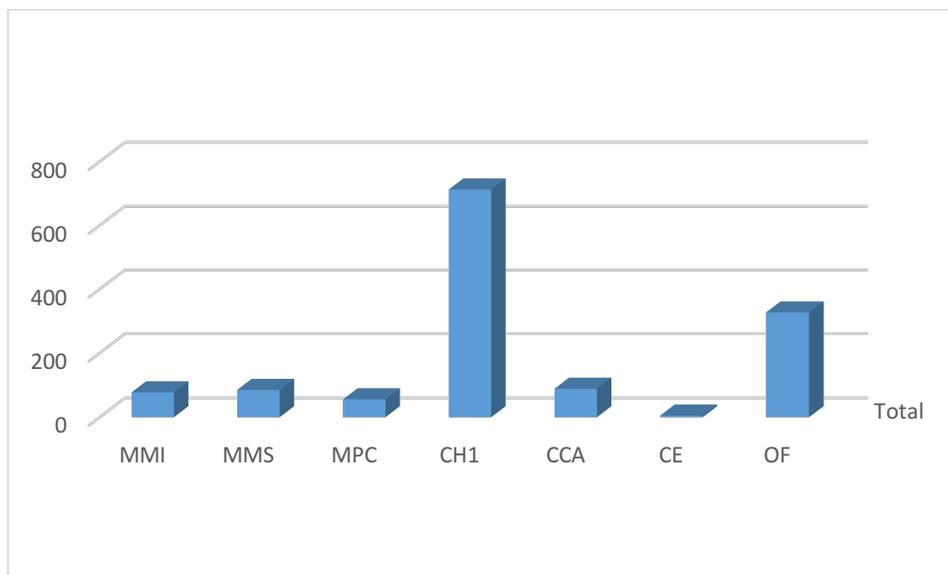
Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Tabla no. 4** Inventario de mercurio metálico en el primer nivel del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

Fuente	Esfigmomanómetro (gramos)	No clínico (gramos)	Termómetros (gramos)	Iluminación (gramos)	Aparatos interruptores (gramos)	Total (gramos)
<b>MMI</b>	0.000	0.000	22.000	55.000	0.000	77.000
<b>MMS</b>	0.000	0.000	30.000	55.000	0.000	85.000
<b>MPC</b>	0.000	0.000	11.500	44.000	0.000	55.500
<b>CH1</b>	160.000	415.000	25.000	110.000	2.000	712.000
<b>CCA</b>	20.000	0.000	13.500	55.000	0.000	88.500
<b>CE</b>	0.000	0.000	5.000	0.000	0.000	5.000
<b>OF</b>	0.000	270.000	1.500	55.000	0.000	326.500
<b>TOTAL</b>	180.000	685.000	108.500	374.000	2.000	<b>1349.500</b>

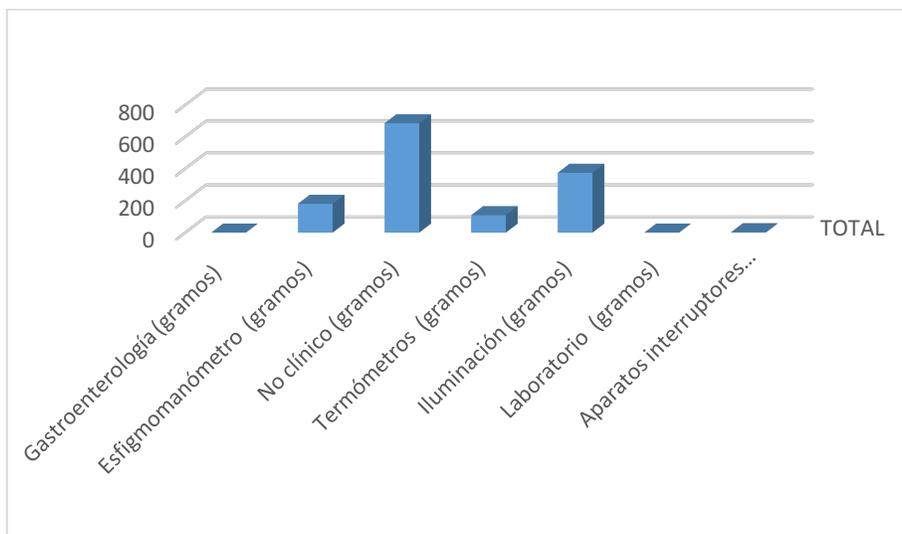
Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Gráfica no. 5** Inventario de mercurio metálico en el primer nivel del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) según servicio. (Relación Tabla no. 4)



Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Gráfica no. 6** Inventario de mercurio metálico en el primer nivel del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) según la fuente (Relación tabla no. 4)



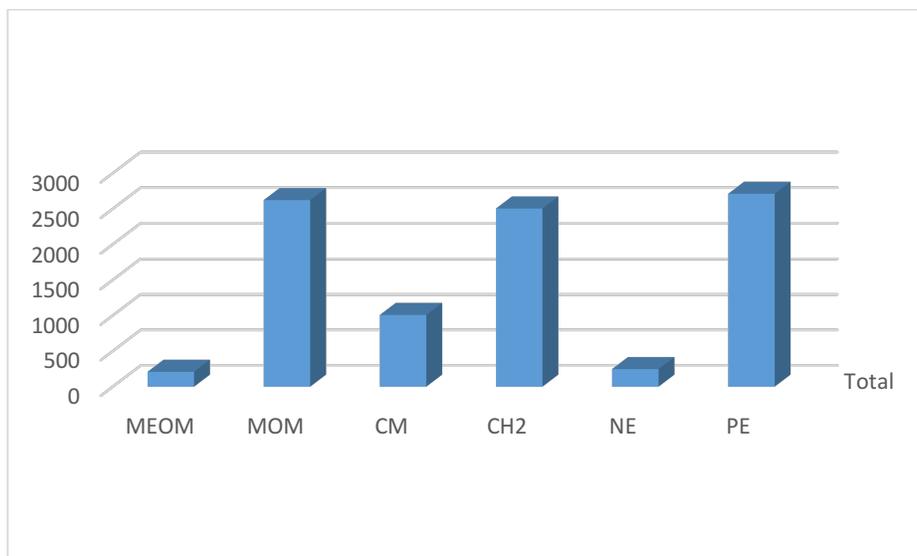
Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Tabla no. 5** Inventario de mercurio metálico en el segundo nivel del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

Fuente	Gastroenterología (gramos)	Esfigmomanómetro (gramos)	No clínico (gramos)	Termómetros (gramos)	Iluminación (gramos)	Aparatos interruptores (gramos)	Total (gramos)
<b>MEOM</b>	60.000	0.000	0.000	70.000	55.000	19.000	204.000
<b>MOM</b>	100.000	0.000	2400.000	52.000	55.000	15.000	2622.000
<b>CM</b>	60.000	0.000	800.000	50.000	82.500	15.000	1007.500
<b>CH2</b>	0.000	0.000	2400.000	17.000	82.500	0.000	2499.500
<b>NE</b>	100.000	0.000	0.000	72.000	55.000	0.000	227.000
<b>PE</b>	0.000	166.000	2400.000	40.000	110.000	0.000	2716.000
<b>TOTAL</b>	<b>320.000</b>	<b>166.000</b>	<b>8000.000</b>	<b>301.000</b>	<b>440.000</b>	<b>49.000</b>	<b>9,276.000</b>

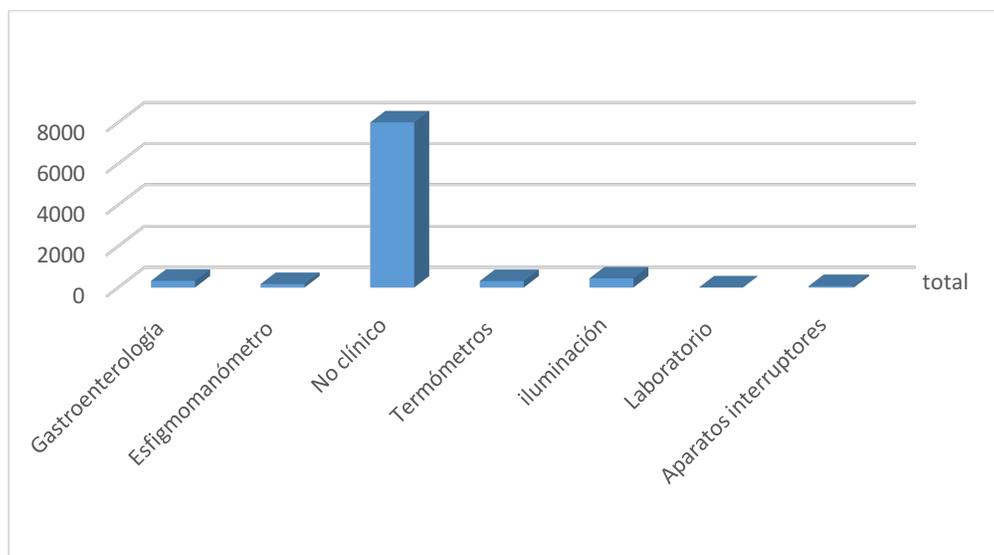
Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Gráfica no. 7** Inventario de mercurio metálico en el segundo nivel del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) por servicio. (Relación tabla no. 5)



Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Gráfica no. 8** Inventario de mercurio metálico en el segundo nivel del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) según la fuente (Relación tabla no. 5)



Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Tabla no. 6** Inventario de mercurio metálico en área de mantenimiento del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

Fuente	Esfigmomanómetro (gramos)	No clínico (gramos)	Termómetros (gramos)	Iluminación (gramos)	Aparatos interruptores (gramos)	Total (gramos)
<b>MA</b>	210.000	5600.000	250.000	2750.000	90.000	8900.000
<b>TOTAL</b>	210.000	5600.000	250.000	2750.000	90.000	8900.000

Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Gráfica no. 10** Inventario de mercurio metálico en el área de mantenimiento del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) según la fuente (Relación con tabla no. 6)



Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Tabla no. 7** Tablas base de resultados con referencia a The California Department of Health Services, USA. 2002 (disponible en <http://www.h2e-online.org/pubs/mercalc.xls>)

<b>Hoja de inventario de Mercurio metálico</b>														
<b>Resultados finales por fuente de mercurio, por unidades de Salud.</b>														
<b>Inventario de mercurio metálico en el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)</b>														
		Peso por unidad	Unidades									Subtotal (gm)	Class Total (gm)	% Del Total
Fuente	Aparato		UTR	UQ	CE		UT12	SO	RE	HD	EM			
<b>gastroenterología</b>													580.0	6.2%
	Bougies (set)	5,700	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Tubo Blakemore	20	0.0	0.0	0.0		9.0	20.0	0.0	0.0	0.0	580.0		
<b>esfigmomanómetros</b>													1,400.0	14.8 %
	Esfigmomanómetro Trimline	70	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	210.0		
	Esfigmomanómetro Baum or Baxter	83	0.0	0.0	0.0		1.0	5.0	0.0	4.0	0.0	830.0		
	Esfigmomanómetro Empire	90	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	360.0		
<b>No clínico</b>													7,200.0	76.4 %
Esfigmomanómetro kit de reparación	Bulk Hg, Lb. (30 ml* bottle)	454	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

	Bulk Hg, ml.	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Bulk Hg, fl.oz.	394.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Barometro	Barometro -- 20 inch *	800	0.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	8,000.0		
	Barometro -- 30 inch *	1850	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>termómetros</b>												184.0	1.9%
	Fiebre	0.5	0.0	16.0	16.0	9.0	10.0	10.0	10.0	1.0	36.0		
	4 or 6 pulgadas	2	0.0	9.0	9.0	9.0	10.0	10.0	10.0	1.0	116.0		
	7 pulgadas	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	10 or 12 pulgadas	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Referencia o de calibracion	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Refrigerador, máximos o minimos o Servicio de Comida	2	0.0	1.0	1.0	1.0	5.0	0.0	8.0	0.0	32.0		
	Caldera	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>Iluminación</b>												0.5	0.0%
	Tubos fluorescentes (mg/sq ft floor)	0.57	Pies cuadrados de espacio total:								0.0		
	Bili-luz / calentador (mg / pues lineales de tubo fluorescente)	5.5	Pies cuadrados de espacio total:			960					0.5		
<b>Laboratorio</b>												0.0	0.0%

	Agentes de fijación y manchas (gm/liter) (= 1:1000)	1	Total de litros de producto sin diluir			0 · 0							0.0		
<b>Aparatos interruptores</b>													48.0	0.5%	
	Tubo de rayos-X (PBL -- 4 per tube)	2	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Baróstato de sistema de vacío	15	0.0	0.0	0.0		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
	Baróstato de caldera	4	0.0	0.0	0.0		9.0	3.0	0.0	0.0	0.0	48.0			
	Interruptores basculantes almohadilla térmica	2	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Termostato		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Otros		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	<b>Total de mercurio</b>		<b>0.0</b>	<b>28.0</b>	<b>2428.0</b>	<b>528.0</b>	<b>323.5</b>	<b>3262.0</b>	<b>595.0</b>	<b>2773.0</b>	<b>2.5</b>	<b>9,412.5</b>			

\* mediciones de longitud y volumen nominal

Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Tabla no. 8** Tablas base de resultados con referencia a The California Department of Health Services, USA. 2002 (disponible en <http://www.h2e-online.org/pubs/mercalc.xls>)

<b>Hoja de Inventario Mercurio metálico</b>														
<b>Resultados finales por fuente de Mercurio, por unidades de Salud.</b>														
<b>Inventario de Mercurio Metálico en el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)</b>														
Fuente	Aparato	Peso por Unidad	Total de Unidades								OF	Subtotal (gm)	Class Total (gm)	% del Total
			OB	BS	MMI		MPC	CH1	CCA	CE				
<b>Gastroenterología</b>													180.0	18.4%
	Bougies (set)	5,700	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Tubo Blakemore	20	0.0	0.0	0.0		0.0	8.0	1.0	0.0	0.0	180.0		
<b>Esfigmomanómetros</b>													685.0	69.9%
	Esfigmomanómetro Trimline	70	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Esfigmomanómetro Baum or Baxter	83	0.0	0.0	0.0		0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	415.0		
	Esfigmomanómetro Empire	90	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	270.0		
<b>No clínico</b>													0.0	0.0%
Kit de repacion esfigmomanómetros	Bulk Hg, Lb. (30 ml* bottle)	454	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

	Bulk Hg, ml.	13.6	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Bulk Hg, fl.oz.	394.4	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Barómetros	Barómetro -- 20 inch	800	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Barómetro -- 30 inch	1850	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>Termómetros</b>													112.0	11.4%
	Fiebre	0.5	25.0	2.0	24.0		23.0	14.0	27.0	10.0	3.0	64.0		
	4 o 6 pulgadas	2	5.0	2.0	4.0		0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	30.0		
	7 pulgadas	4	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	10 o 12 pulgadas	6	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Referencia o de calibración	8	0.0	0.0	0.0		0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	8.0		
	Refrigerador, máximos o mínimos o Servicio de Comida	2	1.0	2.0	1.0		0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	10.0		
	Caldera	10	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>Iluminación</b>													0.5	0.0%
	Tubos fluorescentes (mg/sq ft floor)	0.57												
	Bili-luz / calentador (mg / pues lineales de tubo fluorescente)	5.5											0.5	
<b>Laboratorio</b>													0.0	0.0%

	Agentes de fijación y manchas (gm/liter) (= 1:1000)	1			Total de litros de producto sin diluir:	0.0						0.0		
<b>Aparatos interruptores</b>													2.0	0.2%
	Tubo de rayos X (PBL -- 4 per tube)	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Sistema de vacío baróstatos	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Baróstatos de caldera	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Interruptores basculantes almohadilla térmica	2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0		
	Termostatos		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Otros:		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>Total de mercurio</b>			<b>24.5</b>	<b>9.0</b>	<b>22.0</b>	<b>456.5</b>	<b>11.5</b>	<b>602.0</b>	<b>33.5</b>	<b>5.0</b>	<b>271.5</b>	<b>979</b>	<b>Total de mercurio</b>	

\* mediciones de longitud y volumen nominal

Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Tabla no. 9** Tablas base de resultados con referencia a The California Department of Health Services, USA. 2002 (disponible en <http://www.h2e-online.org/pubs/mercalc.xls>)

<b>Hoja de Inventario Mercurio metálico</b>														
<b>Resultados finales por fuente de Mercurio, por unidades de Salud.</b>														
<b>Inventario de Mercurio Metálico en el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)</b>														
Fuente	Aparato	Peso por Unidad	Total de Unidades								Subtotal (gm)	Class (gm)	Total	% del Total
			MEOM	M O M	CM		CH2	NE	PE	MA				
<b>Gastroenterología</b>												320.0		2.1%
	Bougies (set)	5,700	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0			
	Tubo Blakemore	20	3.0	5.0	3.0			0.0	5.0	0.0	0.0	320.0		
<b>Esfigmomanómetros</b>												376.0		2.5%
	Esfigmomanómetro Trimline	70	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	3.0	210.0		
	Esfigmomanómetro Baum or Baxter	83	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	2.0		166.0		
	Esfigmomanómetro Empire	90	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>No clínico</b>												13,600.00		90.8%
Kit de repacion esfigmomanómetros	Bulk Hg, Lb. (30 ml* bottle)	454	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

	Bulk Hg, ml.	13.6	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Bulk Hg, fl.oz.	394.4	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Barómetros	Barómetro -- 20 inch	800	0.0	3.0	1.0		3.0	0.0	3.0	7.0	13,600.0		
	Barómetro -- 30 inch	1850	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>Termómetros</b>												551.0	3.7%
	Fiebre	0.5	20.0	20.0	20.0		30.0	20.0	20.0	0.0	65.0		
	4 o 6 pulgadas	2	30.0	20.0	20.0		0.0	30.0	15.0	0.0	230.0		
	7 pulgadas	4	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	10 o 12 pulgadas	6	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Referencia o de calibración	8	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Refrigerador, máximos o mínimos o Servicio de Comida	2	0.0	1.0	0.0		1.0	1.0	0.0	100.0	206.0		
	Caldera	10	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	5.0	50.0		
<b>Iluminación</b>												3.2	0.0%
	Tubos fluorescentes (mg/sq ft floor)	0.57											
	Bili-luz / calentador (mg / pues lineales de tubo fluorescente)	5.5											
							580.0					3.2	

<b>Laboratorio</b>												0.0	0.0%
	Agentes de fijación y manchas (gm/liter) (= 1:1000)	1	Total de litros de producto sin diluir:			0.0						0.0	
<b>Aparatos interruptores</b>												132.0	0.9%
	Tubo de rayos X (PBL -- 4 per tube)	2	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	15.0	30.0		
	Sistema de vacío baróstatos	15	1.0	1.0	1.0		0.0	0.0	0.0	4.0	105.0		
	Baróstatos de caldera	4	1.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	4.0		
	Interruptores basculantes almohadilla térmica	2	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Termostatos		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Otros:		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>Total de mercurio</b>			<b>154.00</b>	<b>2567.0</b>	<b>925.0</b>	<b>3190.0</b>	<b>2417.0</b>	<b>172.0</b>	<b>2606.0</b>	<b>5960.00</b>	<b>14985.2</b>	<b>Total de mercurio</b>	

\* mediciones de longitud y volumen nominal

Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

**Tabla no, 10** Tablas base de resultados con referencia a The California Department of Health Services, USA. 2002 (disponible en <http://www.h2e-online.org/pubs/mercalc.xls>)

<b><u>Hoja de Inventario Mercurio metálico</u></b>									
Resultados finales por fuente de Mercurio, por unidades de Salud.									
Inventario de Mercurio Metálico en el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)									
		Peso por Unidad	Total de Unidades				Subtotal (gm)	Class Total (gm)	% del Total
Fuente	Aparato		MMS	UTI 1					
<b>Gastroenterología</b>							160.0	77.3%	
	Bougies (set)	5,700	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Tubo Blakemore	20	0.0	8.0	0.0	160.0			
<b>Esfigmomanómetros</b>							0.0	0.0%	
	Esfigmomanómetro Trimline	70	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Esfigmomanómetro Baum or Baxter	83	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Esfigmomanómetro Empire	90	0.0	0.0	0.0	0.0			
<b>No clínico</b>							0.0	0.0%	
Kit de repacion esfigmomanómetros	Bulk Hg, Lb. (30 ml* bottle)	454	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Bulk Hg, ml.	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Bulk Hg, fl.oz.	394.4	0.0	0.0	0.0	0.0			

Barómetros	Barómetro -- 20 inch	800	0.0	0.0	0.0		0.0		
	Barómetro -- 30 inch	1850	0.0	0.0	0.0		0.0		
<b>Termómetros</b>								47.0	22.7%
	Fiebre	0.5	60.0	30.0	0.0		45.0		
	4 o 6 pulgadas	2	0.0	0.0	0.0		0.0		
	7 pulgadas	4	0.0	0.0	0.0		0.0		
	10 o 12 pulgadas	6	0.0	0.0	0.0		0.0		
	Referencia o de calibración	8	0.0	0.0	0.0		0.0		
	Refrigerador, máximos o mínimos o Servicio de Comida	2	0.0	1.0	0.0		2.0		
	Caldera	10	0.0	0.0	0.0		0.0		
<b>Iluminación</b>								0.0	0.0%
	Fluorescent tubes (mg/sq ft floor)	0.57	Enter total linear ft other fluorescent tubes:						
	Bili-light/Warmer (mg/lin ft fluorescent tube)	5.5	Enter total linear ft other fluorescent tubes:			20.0	0.0		
<b>Laboratorio</b>								0.0	0.0%
	Fixatives and Stains (gm/liter) (= 1:1000)	1	Enter total liters of undiluted product:				0.0		
<b>Aparatos interruptores</b>								0.0	0.0%
	Tubo de rayos X (PBL -- 4 per tube)	2	0.0	0.0	0.0		0.0		
	Sistema de vacío baróstatos	15	0.0	0.0	0.0		0.0		
	Baróstatos de caldera	4	0.0	0.0	0.0		0.0		

	Interruptores basculantes almohadilla térmica	2	0.0	0.0	0.0		0.0		
	Termostatos		0.0	0.0	0.0		0.0		
	Otros:		0.0	0.0	0.0		0.0		
	<b>Total de Mercurio</b>		<b>30.0</b>	<b>177.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>207</b>		

\* mediciones de longitud y volumen nominal

Fuente: Datos obtenidos en Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

## IX. DISCUSION DE RESULTADOS

El objetivo del inventario fue determinar la cantidad de mercurio metálico presente en el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), ya que es una sustancia que representa un grave problema para la salud humana y ambiental. Es útil para identificar las fuentes y la ubicación donde se encuentra en mayor cantidad dicho metal y así obtener el peso en gramos del mismo.

En la tabla no. 1 se observa la codificación utilizada para representar los servicios del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) consta de 25 áreas para contabilizar el mercurio presente. Se clasificaron dichas áreas según el nivel en el que se encuentran, y se utilizó la primera letra del área como código.

En la tabla no. 2 se muestra el total de 30,168.5 gramos (30.1685 kg) de mercurio, cantidad que al ser liberada al ambiente provocaría daños al mismo. La fuente en la que puede observarse mayor cantidad es la no clínica con 21785 gramos (72.211%); el nivel con mayor cantidad del metal es el sótano con un total de 10,643 gramos que corresponde a 35.279% del total. Seguido del área de mantenimiento con 8,900 gramos (29.500%); le sigue el segundo nivel con 30.825% que corresponde a 8,900 gramos de mercurio metálico. Por último en el primer nivel se obtuvo un total de 1349.5 gramos (4.468%)

En la tabla no. 3 se analizó el sótano del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). El sótano está conformado por 11 servicios, los cuales son: Unidad de terapia respiratoria (UTR), Unidad de quemado (UQ), Central de equipos (CE), Unidad de terapia intensiva 1 (UTI1), Unidad de terapia intensiva 2 (UTI2), sala de operaciones (SO), recuperación (RE), Hospital de día (HD), emergencia (EM), observación (OB) y banco de Sangre (BS). Se encontró un total de 10,643 gramos (10.643 kg), la fuente de mayor cantidad es

la no clínica el cual está integrada por barómetros, con una cantidad total de 7,500 gramos (7.5 kg). seguido por los esfigmomanómetros 1400 gramos (1.4 kg). Les sigue las fuentes gastrointestinales con un total de 740 gramos (0.740 kg), la iluminación que abarca tubos fluorescentes, ultravioleta, sodio de alta presión; con un total de 720.5 gramos (0.7205 kg). La última fuente; aparatos interruptores con un total de 48 gramos (0.048 kg). El sótano suma un total de 10,643 gramos (10.643 kg) que equivalen a 23.279% del total de mercurio en el hospital (Tabla no.2).

La tabla no. 4 nos indica los valores obtenidos en el primer nivel del Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), con un total de 1349.5 gramos (1.349 kg) que representa el 4.473% (Tabla no. 2) del total de mercurio existente. El servicio con mayor cantidad de mercurio es el Módulo de especialidades de cirugía 1 (CH1), con un total de 712 gramos (0.712 kg). La fuente de mayor cantidad es la no clínica que abarca los barómetros con un total de 685 gramos (0.685 kg), seguida por la iluminación con 374 gramos (0.374 kg), los esfigmomanómetros con un total de 180 gramos (0.180 kg), los termómetros con 108.5 gramos (0.1085 kg) y por último aparatos interruptores con un total de 2 gramos que equivale a 0.14% del total del nivel.

La tabla no. 5 representa los valores obtenidos en el segundo nivel del Hospital de accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), el cual incluye los servicios de MEOM (Modulo de especialidades de ortopedia mujeres), MOM (módulo de ortopedia mujeres), CM (cirugía mujeres), CH2 (Cirugía hombres 2), NE (neurología), PE (pediatría), con un total de 9,276 gramos (9.276 kg), y un porcentaje de 30.747% del total (Tabla no. 2).

La mayor cantidad de gramos se encuentra en la fuente no clínica que abarca los barómetros con un total de 8000 gramos (8 kg); seguido de la iluminación con 440 gramos, insumos en gastroenterología con un total de 301 gramos (0.301 kg). Luego los termómetros con una cantidad de 310 gramos (0.310 kg). Como quinto lugar a los esfigmomanómetros con una cantidad de 166 gramos y por último los aparatos

interruptores con un total de 49 gramos. El servicio con mayor volumen es pediatría con un total de 2716 gramos.

Teniendo en cuenta la volatilidad del mercurio y que esta es el área reportada con mayor cantidad es preocupante y urge una medida sustitutiva. En pediatría se encuentran termómetros para la medición corporal, se podrían sustituir por termómetros óticos, de luz o infrarrojos digitales. Se debe proteger a los pacientes de la exposición a los vapores que se liberan al quebrarse los termómetros especialmente.

En la tabla no. 6 se detallan los datos del área de mantenimiento. Esta área posee en mayor cantidad barómetros, con un total de 5,600 gramos (5.6 kg), seguido de la iluminación (2750 gramos), los termómetros con un total de 250 gramos (0.250 kg) , luego los esfigmomanómetros con un total de 210 gramos, y por último aparatos interruptores con un total de 90 gramos. Obteniendo un total de 8,900 gramos con un porcentaje de 29.500% del total.

El inventario de mercurio metálico detallado (Tablas 7 a 9) permitió determinar que en general el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) cuenta con un total de 30, 168.5 gramos (30.1685 kg), donde la mayor cantidad se ubica en área del sótano con 10,643.00 gramos (10.643 kg) que corresponde al 35.279% del total.

En un estudio realizado en los Hospitales del norte de California en el año 1999 se identificó que los esfigmomanómetros son las principales fuentes de mercurio en estos centros hospitalarios. Los segundos fueron los instrumentos de gastroenterología, un 2.65%. Comparando con el estudio en cuestión, se obtuvo un total de 6.483% de esfigmomanómetros, y un total de 3.513% de instrumentos de gastroenterología.

En el estudio titulado " Inventario de Mercurio metálico presente en hospitales públicos y privador mayor a 50 camas, ubicados en la Ciudad de Guatemala" de la

Licenciada Jennifer Conteras, se contabilizó un total de 26, 781 gramos de mercurio (26.781 kg). La fuente de mayor incidencia son los esfigmomanómetros con un total de 10,469 gramos de mercurio (39.1%), los termómetros con un total de 6,198 gramos (23.1 %) y como tercero las amalgamas 5,694.61 gramos (21.3%). En el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) los datos obtenidos fueron de 30,168.5 gramos (30.1685 kg) con una diferencia de 3,387.5 gramos (3.3875 kg). Con respecto al estudio anteriormente mencionado, las fuentes de mayor incidencia fueron los esfigmomanómetros y termómetros. Con relación a este estudio la fuente con mayor porcentaje fue la no clínica con 21,785.00 gramos (72.211%), la iluminación con 4,284.5 gramos (14.201%), seguido de los esfigmomanómetros con 1,956 gramos (6.483%), por último los termómetros con 894 gramos (2.963%). En el hospital estudiado no se preparan amalgamas.

En el estudio titulado "Inventario de mercurio metálico presente en hospitales públicos ubicados en los departamento de Sacatepéquez y Chimaltenango de Guatemala" por la Licenciada Eylin León, el Hospital Nacional de Sacatepéquez "Pedro Bethancourt" Antigua Guatemala se obtuvo total de 15, 496. 04 gramos (15.49604 kg). La fuente de mayor incidencia son las amalgamas con 5677.50 gramos (36.64%), seguido de los esfigmomanómetros con 5,015.00 gramos (32,36%), tercero los aparatos interruptores con 4,028 gramos (25.99%). En el Hospital Nacional de Chimaltenango se obtuvo un total de 7,107.99 gramos (7.10799 kg). La mayor fuente fueron los esfigmomanómetros con 4,841 gramos (68.11%), seguido de los termómetros con 1,559.50 gramos (21.94%) y tercero los aparatos interruptores con 673.0 gramos (9.47%). Las fuentes de mayor incidencia son en ambos hospitales amalgamas, esfigmomanómetros y aparatos interruptores. En el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) fue de 30,168.5 gramos (30.1685 kg) con una diferencia de 14,672.46 gramos con el Hospital Nacional de Sacatepequez "Pedro Bethancourt" Antigua Guatemala, y 23,060.51 gramos (23.06051 kg) con el Hospital Nacional de Chimaltenango. En comparación con este estudio la fuente

con mayor porcentaje fue la no clínica con 21,785.00 gramos (72.211%), la iluminación con 4,284.5 gramos (14.201%), tercero los esfigmomanómetros con 1956 gramos (6.483%).

En el hospital estudiado, al ser un hospital que atiende sobre todo accidentes y lesiones de afiliados al Seguro Social, difiere de los hospitales evaluados en otros estudios y mencionados anteriormente, donde la carga de mercurio metálico es importante en las áreas de odontología, misma que no se dispone en el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), pero sobresale el hecho que el Hospital General de Accidentes "Ceibal" posee una mayor cantidad de mercurio metálico que los 13 hospitales de más de 50 camas, evaluados por Contreras en el año 2008, y más que el Hospital Nacional de Sacatepequez "Pedro Bethancourt" Antigua Guatemala y Hospital Nacional de Chimaltenango juntos, evaluados por León en el año 2013.

## X. CONCLUSIONES

- 10.1. EL inventario de mercurio metálico realizado en el Hospital General de Accidentes "Ceibal" del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) se determinó en 30.1685 kg.
- 10.2. Las principales fuentes de mercurio metálico son: los barómetros con un total de 21.785 kg., representando el 72.211%. de la totalidad de mercurio metálico contabilizado; la iluminación es la segunda fuente con un total de 4284.5 gramos (4.2845 kg), representando el 14.201%. la tercera fuente son los esfigmomanómetros con un total de 1.965 kg, representado por el 6.483%. La cuarta fuente de mercurio metálico son los termómetros que representan un 2.963% con un total de 0.894 kg. La ultima fuente son los aparatos interruptores con un total de 0.189 kg representando un 0.626%.
- 10.3. Los servicios de mantenimiento, sala de operación, hospital de dia, pediatría, módulo de ortopedia de mujeres y central de equipos son los que mayor cantidad de mercurio metálico poseen.
- 10.4. La liberación al ambiente de 30.1685 kg de mercurio metálico puede ser de alto impacto tanto a nivel de aire, agua y salud de los seres vivos, por lo que se proponen alternativas más seguras y menos tóxicas al personal y al ambiente. (Anexo 5)

## XI. RECOMENDACIONES

### **11.1. Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales**

11.1.1. Realizar estudios de emisiones del mercurio al ambiente, principalmente a nivel de aire, agua, peces y sedimentos marinos.

### **11.2. Al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social**

11.2.1. Educar al personal del sector de salud y a la población en general sobre las fuentes del mercurio, la toxicidad y los beneficios del buen manejo de estas sustancias.

11.2.2. Capacitar al personal de salud de una forma adecuada, presentando todos los instrumentos y sustancias que ellos manejan para que tengan cuidado al momento de utilizarlos.

11.2.3. Capacitar al personal de salud sobre qué pasos se deben seguir para recolectar los desechos de mercurio metálico en caso de derrame o descarte.

11.2.4. Revisar la iluminación de los hospitales, para identificar las lámparas que no contengan mercurio, cambiarlas por otra opción como lámparas led.

11.2.5. Si se cuenta con lámparas fluorescentes se deben revisar periódicamente para evitar la exposición al mercurio metálico en forma de vapor en caso que el dispositivo este dañado o en mal estado.

- 11.2.6. Implementar la eliminación a nivel nacional del mercurio para que pueda ser sustituido por alternativas menos peligrosas y de igual o similar eficacia, para garantizar el cumplimiento de su fin.
- 11.2.7. Determinar los límites permitidos por emisiones de mercurio metálico para tener un parámetro de comparación, y así no originar mucha contaminación.
- 11.2.8. Implementar una ley nacional o política pública que prohíba o disminuya la importación de los materiales y donaciones, que poseen en su composición mercurio.

### **11.3. A la población en general**

- 11.3.1. Conocer la Guía para el manejo de productos químicos y desechos peligrosos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, ya que indica cuales son los riesgos de la exposición al mercurio; los efectos metabólicos, efectos en la salud, efectos ecológicos, como prevenir la exposición al mercurio, y la limpieza adecuada cuando se derrama.
- 11.3.2. Conocer que empresas se dedican a la gestión de los productos de los materiales que contienen mercurio, autorizadas para este fin, de manera que se haga una gestión apropiada de los desechos.

## XII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arriaga Gudiel, D. G. (2006). Cuantificación de la contaminación mercurial de los ambientes clínicos y pre-clínicos de la facultad de odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Baselt, R. C. (2000). Disposition of toxic drugs and chemicals in man. Estados Unidos.
- Carillo Cotto, R. (2006). Exposición ocupacional al mercurio en estudiantes de la facultad de odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Estudio Basal 2006.
- Contreras Rivera, J. P. (2008). Inventario de Mercurio metálico presente en hospitales públicos y privados. Tesis, Universidad San Carlos de Guatemala.
- Department of Health Services. (2000). Recuperado el 2015, de A guide to mercury assessment and elimination in healthcare facilities: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/SearchResults/tabid/198/Default.aspx?Search=mercury>
- Environmental Protection Agency (EPA). (29 de Diciembre de 2014). Recuperado el Marzo de 18 de 2015, de Mercury: <http://www.epa.gov/mercury/regs.htm>
- Figueroa Navarrette, A. (2002). Mercurio y metilmercurio. España.
- Grau, M. D. (2003). Toxicología ambiental. España: McGraw- Hill.
- León Zeceña, E. L.-M. (2013). Inventario de mercurio metálico presente en hospitales públicos ubicados en los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango de Guatemala. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Naturales, M. d. (2012). Gobierno de Guatemala. (G. d. Guatemala, Productor) Recuperado el 26 de 05 de 2016, de Guías para el Manejo de productos químicos y desechos peligrosos: <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/1993.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (Septiembre de 2013). Recuperado el 16 de Febrero de 2015, de OMS: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/es/>
- Osseiran, N. (11 de Octubre de 2013). Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 06 de Febrero de 2015, de La OMS insta a eliminar

gradualmente los termómetros y dispositivos de medición de la presión arterial que contienen mercurio para 2020: <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/mercury-medical-devices-20131011/es/>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (31 de Octubre de 2011). Recuperado el 03 de Marzo de 2015, de Medio Ambiente para el desarrollo: <http://www.pnuma.org/sustanciasdaninas/index.php>

Quer, S. B. (1983). Toxicología industrial. España: Fotoletra S.A.

Salud sin daño. (2010). Salud sin daño. Recuperado el 18 de Enero de 2015, de Compromiso para la eliminación del mercurio y de los elementos que lo contengan: [http://noharm.org/lib/downloads/espanol/Compromiso\\_de\\_Eliminar\\_Mercurio.pdf](http://noharm.org/lib/downloads/espanol/Compromiso_de_Eliminar_Mercurio.pdf)

Salud sin Daño, S. s. (12 de Noviembre de 2010). Salud sin daño. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de Guía para la eliminación del mercurio en establecimientos de salud: [http://noharm.org/lib/downloads/espanol/Guia\\_elimiacion\\_establecimientos.pdf](http://noharm.org/lib/downloads/espanol/Guia_elimiacion_establecimientos.pdf)

Salud sin Daño. (2013). Recuperado el 15 de Enero de 2015, de Salud sin daño: [http://noharm.org/lib/downloads/espanol/Guia\\_elimiacion\\_establecimientos.pdf](http://noharm.org/lib/downloads/espanol/Guia_elimiacion_establecimientos.pdf)

Salud sin daño. (3 de Julio de 2013). Recuperado el 29 de Enero de 2015, de Salud sin daño: <https://saludsindanio.org/articulos/americalatina/taller-hospitales-saludablesguatemala-3-de-julio-de-2013> 2.

Salud sin daño. (Agosto de 2014). Recuperado el 23 de Enero de 2015, de Salud sin daño: [http://saludsinmercurio.org/SSM\\_Comunicado\\_INC5.pdf](http://saludsinmercurio.org/SSM_Comunicado_INC5.pdf) 3

Vargas García, G. C. (2011). Eliminación de desechos de mercurio (Hg) en los hospitales de más de 50 camas de la Ciudad de Guatemala. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Villacencio Chiu, K. P. (2014). Diagnóstico de la cantidad de mercurio y el riesgo que involucra su manejo en un hospital de la ciudad de Guatemala. Tesis, Universidad Del Valle de Guatemala.

Villarejo, A. L. (2004). Real Academia Nacional de Farmacia. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio: <http://www.analesranf.com/index.php/aranf/article/view/254/283>

## XIII. ANEXOS

**Anexo. 1 Modelo de la Encuesta**

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
 Escuela de Química Farmacéutica

**Encuesta****Inventario de Mercurio Metálico**

Elaborada en base a la información publicada por la Campaña Salud sin daño.  
 (basada en (Contreras Rivera, 2008)

Fecha: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Nombre de la institución: Hospital de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

Servicio del Hospital:

1. ¿en este servicio tienen termómetros de mercurio?
  - a. Si
  - b. No

Si la respuesta anterior es SI, indique cuantos.

1.1 Termómetros para medir la temperatura corporal: \_\_\_\_\_

1.2 Termómetros de 4-6 pulgadas: \_\_\_\_\_

1.3 Termómetros de 7 pulgadas: \_\_\_\_\_

1.4. Termómetros de 10 – 12 pulgadas: \_\_\_\_\_

1.5. Termómetros de referencia de calibración \_\_\_\_\_

1.6. Termómetros Clerget para la prueba del azúcar: \_\_\_\_\_

1.7. Termómetros de sistemas de frío y calor \_\_\_\_\_

1.8. Termómetros de incubadoras y baños de agua: \_\_\_\_\_

1.9. Termómetros de laboratorio: \_\_\_\_\_

1.10. Termómetros de caldera \_\_\_\_\_

1.11 Otros: \_\_\_\_\_

Observaciones:

---



---

2. ¿ En este servicio del Hospital tienen aparatos interruptores?

a. Si

b. No

Si la respuesta anterior es SI, indique cuantos.

2.1 Tubo de Rayos X (PBL.4 por tubo): \_\_\_\_\_

2.2 Baróstato de sistema de vacío: \_\_\_\_\_

2.3 Baróstato de caldera: \_\_\_\_\_

2.4 Switches de plataforma de calentamiento: \_\_\_\_\_

2.5 Termostatos: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

---

3. ¿En este servicio del hospital tienen esfigmomanómetros de mercurio?

SÍ \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

Si la respuesta es SÍ, indique cuántos:

3.1. Trimline: \_\_\_\_\_

3.2. Baxter o Baum: \_\_\_\_\_

3.3. Empire: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

---

Observaciones:

---

4. ¿En este servicio del hospital tienen medidores de presión?

SÍ \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

Si la respuesta es SÍ, indique cuántos:

4.1. Barómetros: \_\_\_\_\_

4.1.1. Barómetro de 20 pulgadas: \_\_\_\_\_

4.1.2. Barómetro de 30 pulgadas: \_\_\_\_\_

4.2. Vacuómetros: \_\_\_\_\_

4.3. Manómetros: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

Observaciones:

---

5. ¿En este servicio del hospital tienen tubos gastrointestinales?

SÍ \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si la respuesta es SÍ, indique cuántos:

5.1. Dilatadores esofágicos (bougie): \_\_\_\_\_

5.2. Tubos cantor: \_\_\_\_\_

5.3. Tubos Miller Abbott: \_\_\_\_\_

5.4. Tubos o sondas de alimentación: \_\_\_\_\_

5.5 . Tubos Blakemore: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

Observaciones:

---

6. ¿En este servicio del hospital tienen lámparas?

SÍ \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si la respuesta es SÍ, indique cuántos:

6.1. Fluorescentes: \_\_\_\_\_

6.2. Ultravioleta: \_\_\_\_\_

6.3. Sodio de alta presión, vapor de mercurio: \_\_\_\_\_

6.4. Radiofónicas: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

Observaciones:

---

7. ¿En este servicio del hospital tienen kits de calibración que contengan mercurio?

SÍ \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si la respuesta es SÍ, indique cuántos y cuáles:

---



---



---

Observaciones:

---

8. Exclusivo para el área de Odontología:

8.1. ¿Colocan amalgamas de plata?

SÍ \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si la respuesta es SÍ, indique cuánto mercurio poseen para este fin:

8.1.1. Mezcla manual:

---

8.1.2. Mezcla mecánica:

---

Observaciones:

---



---

9. Exclusivo para el área encargada de distribuir los termómetros, tubos gastrointestinales, mercurio metálico y esfigmomanómetros de mercurio.

9.1. ¿Cuántos termómetros de mercurio compran aproximadamente al mes?

---

9.2. ¿Cuántos tubos gastrointestinales compran aproximadamente al mes?

\_\_\_\_\_

9.3. ¿Cuánto mercurio metálico compran para el uso en odontología?

\_\_\_\_\_

9.4. ¿Compran esfigmomanómetros de mercurio?

SÍ \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si la respuesta es SÍ indique:

¿Cuántos esfigmomanómetros de mercurio compran al mes?

\_\_\_\_\_

9.5. ¿Compran lámparas fluorescentes?

SÍ \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si la respuesta es SÍ indique:

¿Cuántas compran al mes?

\_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Observaciones:

\_\_\_\_\_

Anexo 2 Modelo de tabla de resultados basado en The California Department of Health Services, USA. 2002 (disponible en <http://www.h2e-online.org/pubs/mercalc.xls>)

Mercury Assessment WorkSheet, Page 1															
Facility name:															
Survey Date:															
Source Class	Hg Item	Approximate Weight Per Unit (gm unless noted)	Total Units Counted									Subtotal (gm)	Source Class	Class Total (gm)	% of Total
			Location 1	Location 2	Location 3	Location 4	Location 5	Location 6	Location 7	Location 8	Location 9				
<b>Gastroenterology</b>													Gastroenterology	0.0	0.0%
	Bougies (set)	5,700										0.0			
	Blakemore tube	20										0.0			
<b>Sphygmometry</b>													Sphygmometry	0.0	0.0%
	Trimline sphygmomanometers	70										0.0			
	Baum or Baxter sphyg.	83										0.0			
	Empire sphygmomanometer	90										0.0			
<b>Non-Clinical</b>													Non-Clinical	0.0	0.0%
	Sphyg.repair kit											0.0			
	Bulk Hg, Lb. (30 ml* bottle)	454										0.0			
	Bulk Hg, ml.	13.6										0.0			
	Bulk Hg, fl.oz.	394.4										0.0			
	Barometers											0.0			
	Barometer -- 20 inch *	800										0.0			
	Barometer -- 30 inch *	1850										0.0			
<b>Thermometers *</b>													Thermometers	0.0	0.0%
	Fever	0.5										0.0			
	4 or 6 inch thermometer	2										0.0			
	7 inch thermometer	4										0.0			
	10 or 12 inch thermometer	6										0.0			
	Calibrating or Reference	8										0.0			
	Mini-max, Refrigerator, or Food Service	2										0.0			
	Boiler	10										0.0			
<b>Lighting</b>													Lighting	0.0	0.0%
	Fluorescent tubes (mg/sq ft floor)	0.57	Enter total square ft of facility space:									0.0			
	Bili-light/Warmer (mg/in ft fluorescent tube)	5.5	Enter total linear ft other fluorescent tubes:									0.0			
<b>Laboratory</b>													Laboratory	0.0	0.0%
	Fixatives and Stains (gm/liter) (= 1:1000)	1	Enter total liters of undiluted product:									0.0			
<b>Switching Devices</b>													Switching Devices	0.0	0.0%
	X-ray tube (PBL -- 4 per tube)	2										0.0			
	Vacuum system barostat	15										0.0			
	Boiler barostats	4										0.0			
	Heating pad tilt switches	2										0.0			
	Thermostat											0.0			
	Other:											0.0			
<b>Other Devices</b>													Other Devices	0.0	0.0%
	Other:											0.0			
	Other:											0.0			
<b>Total Location Mercury</b>			<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>Total Facility Mercury (gm)</b>		

\* length and volume measurements nominal

## Anexo 3

### MARCO TEÓRICO

#### Generalidades

El mercurio (Hg) es un elemento metálico, líquido a temperatura ambiente que se encuentra en la naturaleza en forma libre. Su forma orgánica se conoce como dimetil, metil y fenil de mercurio. En el estado elemental, el mercurio existe en los estados de oxidación +1 (Mercurio I) y +2 (Mercurio II), en los que el átomo de mercurio ha perdido uno o dos electrones, respectivamente. Tiene una densidad de 13.6, punto de ebullición es de 356.58°C, su presión de vapor es débil y por ello emite vapores a temperatura ambiente, provocando intoxicaciones agudas y crónicas por inhalación. El mercurio metálico (Hg) es poco soluble y, por lo tanto, poco tóxico por ingestión.

Es clasificado metal noble. En la antigua Grecia fue utilizado contra la sífilis y como diurético. (Chang, 1981).

#### Biotransformaciones

Estas se resumen en cuatro clases:

- Oxidación del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente. La oxidación mediada por el hidrógeno peróxidasa- catalasa en peroxisomas, disminuye la liposolubilidad del vapor de mercurio. Esto dificulta la difusibilidad a través de la barrera hematoencefálica o placentaria, fácilmente atravesadas por la cantidad remanente de mercurio elemental disuelta en sangre. Si esta transformación ocurre en los tejidos, produce acumulación.
- Reducción de mercurio divalente a mercurio metálico. Se lleva a cabo por el sistema xantina oxidasa.
- Metilación del mercurio inorgánico.
- Conversión del metilmercurio en mercurio inorgánico. (Figuroa Navarrette, 2002)

## Fuentes naturales y antropogénicas

Fuentes naturales; el mercurio no es un elemento esencial para la vida; sin embargo, ha estado presente siempre en la naturaleza en concentraciones a las que los seres vivos están adaptados. Sus fuentes naturales son el vulcanismo, la desgasificación de la corteza terrestre, la erosión, y al disolución de los minerales de las rocas debido a la penetración del agua a través de estas por tiempo muy prolongado.

Fuentes antropogénicas: las principales fuentes antropogénicas del mercurio son la minería, el uso industrial y agrícola. La primera contribuye con el 50% y el resto proviene de actividades industriales (catálisis, procesado en las plantas de clorosa, manufactura de equipo eléctrico, pinturas y fabricación de plaguicidas), agrícolas (aplicación de fungicidas) y otras fuentes menores (uso en laboratorios químicos, en odontología, uso militar y el empleo de combustibles fósiles). Los compuestos de mercurio que se fabrican para fines agrícolas pasan al ambiente cuando se aplican en forma de fungicidas sobre semillas, raíces, bulbos e incluso sobre la planta misma. (Quer, 1983)

## Farmacocinética

### Absorción

Vía respiratoria	Absorción de los vapores de mercurio metálico, debido a que a temperatura ambiente se evapora (20-25°C). la vía respiratoria es la entrada principal en el organismo, debido a la naturaleza monoatómica y a la alta liposolubilidad de los vapores. Entre el 80%-90% de los vapores, se absorben en los alveolos. (Villarejo, 2004)
Vía cutánea	Derivados organomercuriales afectan esta vía. El mercurio metálico no se absorbe por esta vía. (Villarejo, 2004)
Vía digestiva	No se absorbe. (Villarejo, 2004)

### Distribución y metabolismo

El vapor de mercurio inhalado ( $\text{Hg}^0$ ) se incorpora a los eritrocitos, es transformado por oxidación en el catión divalente ( $\text{Hg}^{2+}$ ). Después de ser absorbido, se ioniza rápidamente solubilizándose en los líquidos con reacción neutra, lo que permite atravesar con facilidad las membranas celulares y depositarse en los órganos como cerebro, hígado, pulmón, riñón y corazón. Como se mencionó anteriormente, su alta liposolubilidad permite que se oxide rápidamente en sangre a  $\text{Hg}^{2+}$  atravesando la barrera hematoencefálica, donde son retenidas grandes cantidades del metal en el sistema nervioso central (SNC). Fijándose en su mayoría en el riñón, por su alta liposolubilidad.

La vida media de aclaramiento de mercurio es de 1-7 días en el pulmón, 21 días en el corazón, 64 días en el riñón, 43 días en la cavidad torácica y de 60-80 días en el cuerpo completo.

### Eliminación

La eliminación es por vía renal, en forma de  $\text{Hg}^{2+}$ , y el que no es absorbido se excreta por las heces, con una vida media de 40-60 días. Otros lugares de eliminación es por saliva y piel.

Los compuestos alquílicos de metilmercurio se acumulan en la serie roja de la sangre, prolongando el proceso de eliminación, mientras que los compuestos arílicos se convierten en mercurio inorgánico abandona rápidamente el organismo.

Depuración sanguínea posee dos fases:

1. Vida media de 8 horas, corresponde a la difusión en los tejidos.
2. Vida media de 50-70 días, corresponde a la eliminación por el organismo (heces y orina).

La excreción de metilmercurio es a través de la bilis (90%), ya que penetra fácilmente la mucosa intestinal. (Sánchez, 2008)

### **Niveles normales**

Los rangos establecidos para determinar si hay o no una impregnación del mercurio son:

- Mercurio en sangre: Valor normal 15 microgramos /L. (Baselt, 2000)
- Mercurio en orina: valor normal 40 microgramos /L. (Baselt, 2000)

### **Toxicología del Mercurio**

El mercurio metálico puede causar graves problemas de salud, cuando se encuentra a bajas concentraciones y puede causar daño antes de manifestar síntomas.

- Vapor de mercurio ( $Hg^0$ ); mercurio líquido es muy poco tóxico por vía gastrointestinal al ser escasamente absorbido. La intoxicación aguda por vapor de mercurio se manifiesta por bronquitis erosiva que puede llegar a insuficiencia respiratoria del paciente. En combinación con los síntomas respiratorios a veces aparece la triada de signos constituida por gingivitis-temblor- eritemas. Estos signos, raramente encontrados en intoxicaciones agudas, son frecuentes en intoxicaciones crónicas.

La liposolubilidad del vapor de mercurio permite la entrada a nivel cerebral que lo capta 10 veces más que de una dosis equivalente en mercurio iónico.

- Metilmercurio: en los años 50, se produjo una intoxicación masiva por metilmercurio en la bahía de Minamata, no se le consideró como un peligro ambiental para la salud. Esta intoxicación por metilmercurio es conocida como “Enfermedad de Minamata”. Los efectos que causa el metilmercurio se asocia a nivel del Sistema Nervioso Central (SNC) y los signos y síntomas aparecen después de un periodo latente o silencioso de varias semanas o meses. El primer síntoma es la parestesia en las extremidades y posteriormente se evidencian signos como ataxia y disartia. En caso de intoxicaciones moderadas o severas se manifiesta reducción del campo visual y de la audición.
- Mercurio metálico:

#### *Intoxicación aguda*

La inhalación de altas concentraciones de mercurio metálico produce neumonitis química (fuerte irritación pulmonar) que conduce al edema agudo del pulmón. A las horas aparece disnea, dolor torácico, fiebre e insuficiencia respiratoria. Los síntomas de eliminación, sabor metálico, salivación, náuseas y vómitos. La muerte puede ocurrir en un tiempo de 24 horas, debido a shock e insuficiencia respiratoria. (Figueroa Navarrette, 2002)

### Intoxicación crónica

Este tipo de intoxicación se da por el contacto prolongado con vapores y mercurio, afecta a nivel profesional. Posee un cuadro neurológico, extrapiramidal y las manifestaciones clínicas más importantes son temblor mercurial, dando una dificultad de escritura. (Grau, 2003)

Tabla no.1

Tipo de mercurio	Vía de exposición	Efectos en órgano blanco	Tratamiento
Elemental (metálico)	Inhalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema nervioso central</li> <li>• Pulmones</li> <li>• Piel</li> </ul>	Succimero (DMSA oral, Agente quelante que intensifica la excreción renal de mercurio (2 Horas)).
Orgánico	Ingestión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema nervioso central</li> <li>• Feto</li> </ul>	Succímero
Inorgánico	Ingestión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparato digestivo</li> <li>• Mucosas</li> <li>• Riñones</li> <li>• Piel</li> </ul>	Antilewisita británica Succimero

**Tabla no. 2 Efectos tóxicos del metilmercurio**

Leves Tembloros Ataxia	Graves Sordera total Paralasis completa Perdida de la fonación Ceguera Coma Muerte
Moderados Parestesia Perdida de la sensibilidad en las extremidades y alrededor de la boca Ataxia Constricción del campo visual Dificultad auditiva	

**Tratamiento**

Quando ocurre la ingesta de mercurio metálico se recomienda acelerar su excreción administrando un purgante salino como sulfato de sodio en las siguientes dosis: adultos y adolescentes de 15-20 gramos en 1-2 vasos de agua, niños 250 mg/kg en ½ vaso de agua. En exposición aguda al vapor de mercurio puede contrarrestarse con oxígeno, broncodilatadores, corticosteroides, dimercaprol. (Moreno, 2003).

**Ciclo**

El ciclo global del mercurio depende de la circulación atmosférica de los vapores de mercurio metálico. Estos vapores circulan a partir de los continentes (desgasificación de la corteza terrestre y más) hasta llegar a los océanos. Durante el ciclo, los vapores suben por evaporación y caen por precipitación con la lluvia. La cantidad de mercurio que se encuentra en los océanos es muy grande (en su mayor

parte mercurio de origen natural) y el incremento de origen natural y antropogénico que ha ocurrido en los últimos años es detectable con los métodos actuales.

El ciclo local se basa en la circulación hipotética de compuestos de dimetilmercurio. En este, el mercurio es liberado en sus distintos estados físicos y químicos principalmente por el ser humano. Una vez en los ecosistemas acuáticos y en presencia de oxígeno, casi todas las formas del mercurio incluso el mercurio metálico, se pueden ionizar, oxidar y transformar en  $\text{Hg}^{2+}$ . Una vez ionizado, el mercurio forma una gran variedad de compuestos, así el  $\text{Hg}^{2+}$ , se reduce para dar mercurio metálico, reacción que llevan a cabo bacterias del género Pseudomonas en un ambiente carente de oxígeno (condiciones anaerobias).

La segunda reacción ocurre en aguas continentales o en litorales y mediante ella se convierte en  $\text{Hg}^{2+}$  en  $\text{CH}_3\text{Hg}^{1+}$  (metilmercurio) y  $\text{CH}_3\text{Hg}-\text{CH}_3$  (dimetilmercurio). La metilación del mercurio ocurre por dos vías, una anaerobia y otra aerobia.

La metilación anaerobia se lleva a cabo por compuestos derivados de la metilcobalamina que son producidos por bacterias metanogénicas en un ambiente moderadamente reductor. La formación de metilmercurio por esta vía es escasa, ya que también en este medio reductor se forma el sulfuro de mercurio que no queda disponible para la metilación, ya que es insoluble en medios anaerobios pero, en medios aerobios, se combina con el oxígeno y forma sulfatos y sulfitos, dejando en forma soluble al  $\text{Hg}^{2+}$ .

En la vía aeróbica, el mercurio que está unido a la homocisteína se metila por los procesos celulares que normalmente dan lugar a la formación de metionina. En este caso, el complejo homocisteína- HG se metila "por error". Esto ocurre en muchos microorganismos y bacterias. (Baselt, 2000)

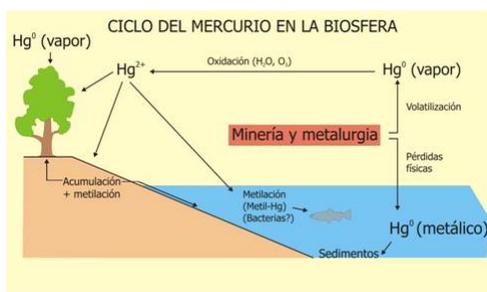


Figura no. 1 Ciclo del mercurio en la biosfera y fenómenos de especiación ( $\text{Hg}^0$  ---  $\text{CH}_3\text{H}$  ---  $\text{Hg}^{2+}$ )

## **Fuentes**

El mercurio metálico es probablemente mejor conocido como el líquido plateado utilizado en los termómetros. Sin embargo, este metal tiene 3,000 usos industriales diferentes y MASCO (Organización Médica, Científica, Académica y Comunitaria, Inc.), una organización al servicio de varios hospitales e instituciones de investigación del área de Boston han recopilado una base de datos de 5000 productos usados en los hospitales e instituciones; y de éstos aproximadamente 780 productos han confirmado tener cierto nivel de mercurio.

Se utiliza en otros productos de consumo común, como en bombillas fluorescentes, barómetros, equipo médico, tal como instrumentos para la medida de la presión arterial (esfigmomanómetros) y en conmutadores de mercurio en las zapatillas de deporte que alumbran para niños.

La habilidad del mercurio para formar aleaciones con la mayoría de metales, su estado líquido a temperatura ambiente, su fácil vaporización y congelamiento, así como su conductividad eléctrica, lo convierten en un metal muy importante y popular a nivel industrial y de ahí la gran cantidad de usos que se le han dado, pero es hasta estos momentos que se ha estado estudiando más a fondo la toxicidad del mismo.

El mercurio en el ambiente proviene de diversas fuentes como la generación de energía a través de la quema de combustibles que lo contienen, la minería de oro que emplea mercurio, la incineración de residuos hospitalarios, las plantas de fabricación de cloro, el reciclaje de productos con mercurio, los derrames provocados en equipos o lámparas con mercurio, y más.

En general en Latinoamérica, las roturas de termómetros, esfigmomanómetros y otros dispositivos de uso hospitalario se manejan de manera inapropiada, sin llevarse adelante una correcta limpieza de esos pequeños derrames, y los residuos se vierten en las alcantarillas o cloacas o con la basura común. Una vez en el medio ambiente, el mercurio contamina el suelo o las aguas y puede convertirse en su forma orgánica y ser incorporado por los organismos vivos en sus tejidos.

Entre las principales fuentes de mercurio metálico a nivel de los hospitales pueden mencionarse los siguientes:

1. Termómetros
  - a. Termómetros para medir temperatura corporal (0.7 - 2g Hg)
  - b. Termómetros de Clerget para la prueba del azúcar
  - c. Termómetros de sistemas de frío y calor (2 – 10g Hg)
  - d. Termómetros de incubadoras y de baños de agua
  - e. Termómetros de mínimo y máximo
  - f. Termómetros de la prueba del líquido en cristal (armado)
2. Termostatos (3g Hg)
3. Esfigmomanómetros (80 -100g Hg)
4. Barómetros
5. Tubos gastrointestinales (454g Hg)
  - a. Dilatadores esofágicos (bougie)
  - b. Tubos Cantor
  - c. Tubos Miller Abbott
  - d. Tubos o sondas de alimentación
6. Amalgamas dentales
7. Indicadores de presión
  - a. Barómetros
  - b. Manómetros
  - c. Vacuómetros
8. Lámparas (50-100g Hg antes del año 2000, las fabricadas después de este año poseen en promedio 6.23g de este metal)
  - a. Fluorescente
  - b. Ultravioleta
  - c. Sodio de alta presión, vapor de mercurio
  - d. Radiofónicas
9. Kits de calibración
10. Interruptores eléctricos
11. Rectificadores de corriente

12. Los cuartos de almacenamiento también pueden estar llenos con equipo o insumos usados, dañados o fuera de uso que contiene mercurio.

Los hospitales y las clínicas, son los más grandes consumidores de estos instrumentos. (Figuroa Navarrette, 2002)

### **Tratamientos químicos y físicos para el mercurio**

Empresas dedicadas a recolectar los restos de amalgamas dentales para reciclarlas, otras utilizan mecanismos como la separación por sedimentación, electrolisis, centrifugación, filtración y otros, encaminados a una manejo óptimo de los residuos. (Quer, 1983)

Tratamiento de desechos de mercurio provenientes de lámparas fluorescentes: se trata en un contenedor cerrado y se calienta a una temperatura en la cual el mercurio es encerrado en los productos y se evapora. Luego los productos de desecho se fragmentan o se trituran de modo que liberan el vapor de mercurio y permitir que esta vapor se difunda por el contenedor y llegue a un filtro especial que los capture. (Quer, 1983)

Tratamiento de desechos de mercurio provenientes de pilas alcalinas.

Se realiza por medio de calentamiento en un horno en presencia de selenio elemental gaseoso para formar seleniuro de mercurio, para luego realizar la extracción de dicho compuesto.

Los desechos se calientan a una temperatura en la que el mercurio y el selenio se vuelvan a su estado gaseoso. Para esto se mantiene una presión parcial de oxígeno a un nivel suficientemente bajo para evitar la oxidación del selenio. Una vez que se han extraído los desechos, se enfrían para extraer el polvo de seleniuro de mercurio sólido y estable que se puede desechar. Una parte del mercurio gaseoso se libera a la atmosfera pero no es considerado una contaminación ambiental. (Quer, 1983)

## Anexo 4

Propuesta de sustitucion de materiales hospitalarios que poseen mercurio metálico.  
Basada en Alternativas a los instrumentos con Mercurio metálico de Contreras Rivera , J (2008)

**Tabla No. 1**

Aplicaciones del mercurio metálico en los establecimientos de salud y sus alternativas libres de mercurio

<b>Productos que contienen mercurio</b>	<b>Alternativas disponibles</b>	<b>Costos aproximados de algunas alternativas</b>
Termómetros <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura corporal</li> <li>• Incubadoras baños</li> <li>• Ambientales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termómetros eléctricos y electrónicos (digitales)</li> <li>• Termómetros de gallistan</li> <li>• Termómetros Geratherm</li> <li>• Termómetros auriculares (óticos)</li> <li>• Termómetros enviro-safe immersion</li> <li>• Termómetros de infrarrojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termómetro digital Q.39.00 (Casa médica)</li> <li>• Termometro de frente digital Q.121.00 (Casa Médica)</li> <li>• Termómetro otico Q.375.00 (Casa médica)</li> <li>• Termómetro digital oral /rectal / axilar Q. 90.91 (Casa médica)</li> </ul>
Esfigmomanómetros de mercurio	Esfigmomanómetros electrónicos (digitales)  Esfigmomanómetros anaeroides	Esfigmomanómetros electrónicos (digitales) Q. 350.00 (Casa Médica) automatico Q.525.00 (Casa Médica) automatico ADC Q. 590.00 (Casa médica) semiautomático Q.370.00 (Casa médica) automatico de muñeca Q.545.00 (Casa médica)

<p>Tubos gastrointestinales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantor</li> <li>• Dilatadores esofágicos (también llamados dilatadores Maloney o Hurst)</li> <li>• Alimentación</li> <li>• Miller-Abbott</li> </ul>	<p>Tubos con pesas de Tungsteno Tubos con silicona</p> <p>Tubos con agua en lugar de mercurio</p>	
<p>Lámparas fluorescentes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo neón</li> <li>• Sodio de alta presión/vapor de mercurio</li> </ul>	<p>Lámparas fluorescentes Philips Alto ® Lámparas fluorescentes compactas (ahorradoras de energía) Lámparas fluorescentes T5 Lámparas fluorescentes T8*</p> <p>Lámparas de sodio, principalmente de baja presión</p>	<p>Lámparas fluorescentes Philips Alto ® Lámparas fluorescentes compactas Q. 122.00 (Home depot)</p> <p>Lámparas fluorescentes T5 \$177.00 (Home depot)</p> <p>Lámparas fluorescentes T8 \$69.00 (Home depot)</p>
<p>Barómetros y monitores de presión</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barómetros y monitores de presión digitales</li> <li>• Barómetros anaeroides</li> <li>• Barómetros con fluidos basado en silicona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barómetros anaeroides \$649 (La Casa del Clima)</li> <li>• Barómetro anaeroide de precisión € 255.70 (La Casa del Clima)</li> </ul>
<p>Aparatos interruptores</p>	<p>Interruptores de contacto fuerte Interruptores de estado sólido Interruptores electroópticos Interruptores inductivos</p> <p>Interruptores de capacitancia Interruptores fotoeléctricos Sensores ultrasónicos</p>	

## Referencias de la propuesta de sustitución

Casa médica Salud y calidad de vida Guatemala, Consultado el 07 de Junio 2016 Disponible en: <http://www.casamedica.com.gt>

Guia técnica de reemplazo de los termómetros y de los tensiómetros de mercurio en la atención de salud, Organización Panamericana de la Salud, Consultado el 26 de Mayo 2016. Disponible en: [http://www.who.int/topics/medical\\_waste/termometros-tensiometros-mercurio.pdf?ua=1](http://www.who.int/topics/medical_waste/termometros-tensiometros-mercurio.pdf?ua=1)

Guia técnica de los termómetros y tensiómetros de mercurio en la atención de la salud, información general, Organización Panamericana de la Salud, consultado Mayo 2016. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/mercury\\_thermometers/es](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/mercury_thermometers/es)

Home Depot, Haz mpas ahorrando. Consultado el 07 de Junio del 2016. Disponible en <http://www.homedepot.com.mx/comprar/es/coapa-del-hueso/lampara-fluorescente-t-5-28w>

Informe Residuos de lamparas fluorescentes, Agosto 2002, Consultado el 24 de Mayo 2016, Disponible en: [http://residuossolidos.df.gob.mx/work/sites/tdf\\_rs/resources/LocalContent/54/2/RESIDUOSLAMPARASFLUOR.pdf](http://residuossolidos.df.gob.mx/work/sites/tdf_rs/resources/LocalContent/54/2/RESIDUOSLAMPARASFLUOR.pdf)

La casa del clima / termómetros, higrometros, estaciones meteorologicas Madrid, Consultado el 08 de Junio 2016. Disponible en [http://www.casaclima.com/index.php?link=id\\_cliente](http://www.casaclima.com/index.php?link=id_cliente)

Mercury in your environment, EPA US Enviromental Protection Agency, Consultado el 28 de Mayo 2016, Disponible en: <http://www.epa.gov/hg/about.htm>

Shimek, J.A., Guia técnica de los termómetros y tensiómetros de mercurio en la atención de la salud adaptada de la Revista de Enfermeria del Instituto Mexicano del Seguro social, Consultado Mayo 2016, Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/enfermeriaimss/eim-2014/eim141g.pdf>

## Mercurio (Hg)

### Exposición al mercurio

El mercurio en el aire eventualmente se deposita en el agua o en la tierra. Una vez depositados, ciertos microorganismos pueden transformarlo en metilmercurio, una forma altamente tóxica que se acumula en los peces, mariscos y animales que se alimentan de peces. Pescados y mariscos son las principales fuentes de exposición al metilmercurio a los humanos.

Otra exposición menos común de mercurio que puede ser una preocupación es al respirar vapor de mercurio. Estas exposiciones pueden ocurrir cuando el mercurio elemental o productos que contienen mercurio elemental se rompen los enlaces y se libera el mercurio al aire, sobre todo en espacios interiores cálidos o mal ventilados.

<http://www.historiasdeunbarriogua.es/2013/06/16/el-mercurio-en-el-pescado/>



### Efectos en la salud

La exposición al mercurio a niveles altos puede dañar el cerebro, el corazón, los riñones, los pulmones y el sistema inmunológico de las personas de todas las edades. Estudios recientes demuestran que el consumo de pescado y mariscos no causa tantos efectos en la salud como los altos niveles de metilmercurio en la sangre de los recién nacidos y niños pequeños. El metilmercurio en la sangre puede dañar el sistema nervioso haciendo que el niño sea menos capaz de pensar y aprender.

### Órganos más afectados

- Sistema nervioso central
- Pulmones
- Hígado
- Riñones

### Efectos crónicos de salud

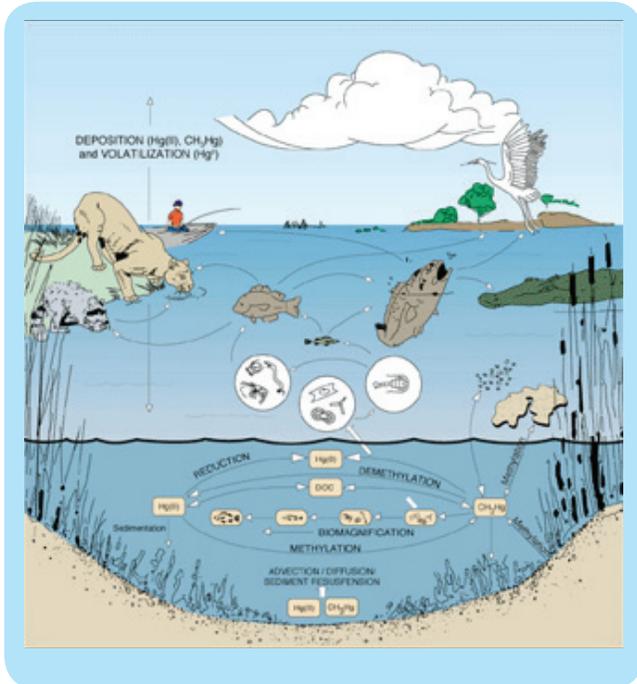
- Cáncer
- Daño de riñones
- Enfermedades neurológicas
- Anormalidades de desarrollo
- Desorden de comportamiento
- Daño pulmonar
- Eczema, ya que el mercurio es un alérgeno.

### Efectos metabólicos

El metilmercurio en la dieta se absorbe bien en el tracto gastrointestinal; entra fácilmente en el torrente sanguíneo y se distribuye a todos los tejidos. Alrededor del 5% de la carga corporal es encontrado en el compartimiento de la sangre y aproximadamente el 10% se encuentra en el cerebro. El 95% de la metilmercurio en la sangre está unido a los eritrocitos, dejando 5% presente en el plasma. Menos de 1% de la carga corporal de mercurio metílico se excreta por día, principalmente a través de las heces. El metilmercurio se metaboliza a mercurio inorgánico antes a la eliminación a través de las heces, pero la tasa de conversión es lenta (la vida media es de unos 70 a 80 días). En el hígado y el riñón, se convierte rápidamente en mercurio inorgánico y se almacena como catión de mercurio divalente. Esto, junto con el hecho de que el cuerpo humano no tiene forma de excretar mercurio activamente, significa que el mercurio se sigue acumulando en el cuerpo a lo largo de la vida.

### Efectos ecológicos

Las aves y los mamíferos que se alimentan de peces están más expuestos al mercurio que otros animales en los ecosistemas acuáticos. Del mismo modo, los depredadores que se alimentan de peces pueden estar expuestos. A niveles altos de exposición, los efectos nocivos del metilmercurio en estos animales incluyen la muerte, la reproducción reducida, menor crecimiento y desarrollo y el comportamiento anormal.



<http://www.libertaddepalabra.com/2015/06/vamos-por-partes-con-el-arsenico/>

## Exposiciones al mercurio

Usted puede prevenir la exposición al mercurio para usted y su entorno a través de:

- Almacenar y manejar responsablemente los productos que contienen mercurio
- Siguiendo nuestros consejos para limpiar los derrames de mercurio
- Reciclar o gestionar adecuadamente la disposición los productos que contienen mercurio

## Limpieza de derrames

Lo que **NUNCA** hacer después de un derrame de mercurio

1. **NUNCA** utilice una aspiradora para limpiar el mercurio. El vacío expone el mercurio en el aire y aumenta la exposición.
2. **NUNCA** use una escoba para limpiar el mercurio. Se romperá el mercurio en pequeñas gotas y se esparcirá.

3. **NUNCA** vierta el mercurio por el desagüe. Puede alojarse en las cañerías y causar futuros problemas en la plomería. Puede provocar la contaminación del tanque séptico o planta de tratamiento de aguas residuales.
4. **NUNCA** lave la ropa u otros objetos que hayan estado en contacto directo con el mercurio en la lavadora, porque el mercurio puede contaminar la máquina y / o contaminar las aguas residuales. La ropa que haya estado en contacto directo con el mercurio debe ser desechada. Por "contacto directo", queremos decir que el mercurio era (o ha sido) derramado directamente sobre la ropa, por ejemplo, si se rompe un termómetro de mercurio y algunos de gotas de mercurio se puso en contacto con su ropa.
5. **NUNCA** camine alrededor ya que sus zapatos se podrían contaminar con mercurio

## ¿Qué se necesita para limpiar un derrame pequeño de mercurio?

- 4-5 bolsas herméticas Bolsas de basura gruesas, guantes de nitrilo, látex o hule, toallas de papel
- Cartón o escobas de hule
- Gotero, Cinta adhesiva o crema de afeitar con un pincel, linterna eléctrica Azufre en polvo (opcional)

## ¿Qué hacer si rompe un termómetro de mercurio o bombillas fluorescentes?

**NOTA:** Estas instrucciones también se aplican a los vertidos procedentes de otras fuentes, si la cantidad derramada es inferior o similar a la cantidad de un termómetro.

**NOTA:** Estas instrucciones se aplican a bombillos fluorescentes como:

- Tubos fluorescentes que incluyen tipo U y circulares, bombillas de bronceado, luces negras, lámparas germicidas, bombillas de alto rendimiento, lámparas fluorescentes compactas y otras.

- Lámparas de descarga de alta intensidad (HID) que pueden incluir halógenos metálicos, halógenos cerámicos metálicos, de sodio, vapor de mercurio.
  - Lámparas de neón
1. Que todos salgan del área, no deje que nadie caminar por el mercurio en su salida.
  2. Asegúrese de que todas las mascotas sean retiradas de la zona.
  3. Abra todas las ventanas y puertas que dan al exterior
  4. **NO** permita que los niños le ayuden a limpiar el derrame.
  5. El mercurio se puede limpiar fácilmente de las siguientes superficies: madera, linóleo, baldosas y las superficies lisas de manera similar.
  6. Si ocurre un derrame en la alfombra, cortinas, tapizados u otras superficies absorbentes, estos artículos contaminados deben ser desechados de acuerdo con la disposición de medios que se describe a continuación. Sólo cortar y extirpar la porción afectada de la alfombra contaminada para su eliminación.

## Instrucciones

1. Póngase los guantes de goma, nitrilo o látex.
2. Si hay algunas piezas rotas de los objetos de vidrio recogerlos con cuidado. Coloque todos los objetos rotos en una toalla de papel. Doble la toalla de papel y colóquela en una bolsa hermética. Fije la bolsa y etiquete
3. Busque gotas visibles de mercurio. Use una escoba de goma o cartón para recoger las gotas de mercurio. Utilice lentos movimientos de barrido para evitar que el mercurio se esparza.
4. Tome una linterna, manténgala en un ángulo bajo cerca del suelo en una habitación oscura y busque otras perlas brillantes de mercurio que pueden ser adheridas a la superficie o en áreas pequeñas.

5. Utilice el gotero para recoger o elaborar las gotas de mercurio. Poco a poco y con cuidado apriete el mercurio en una toalla de papel húmeda. Coloque la toalla de papel en una bolsa hermética y séllela. Asegúrese de etiquetar la bolsa como **"Material contaminado con MERCURIO"**.

6. Después de remover las gotas más grandes, colocar la crema de afeitar y con el pincel recoger. Utilice cinta adhesiva para recoger los fragmentos restantes pequeños de cristal. Coloque el cepillo de pintura o cinta adhesiva en una bolsa hermética y sellada. Asegúrese de etiquetar la bolsa como **"Material contaminado con MERCURIO"**

**PASO OPCIONAL:** Utilizar azufre en polvo disponible en el mercado para absorber las gotas que son demasiado pequeños para verlos. El azufre hace dos cosas: 1. Hace que el mercurio sea más fácil de ver ya que puede haber un cambio de color de amarillo a marrón. 2. Se une al mercurio de manera que se puede quitar fácilmente y suprime el vapor de mercurio. Al utilizar azufre en polvo, no respirar el polvo, ya que puede resultar moderadamente tóxico.

7. Coloque todos los materiales utilizados de limpieza, incluidos guantes, en una bolsa de basura. Coloque todas las gotas de mercurio y objetos en la bolsa de basura. Selle la bolsa etiquete **"Material contaminado con MERCURIO"**.

## ¿Qué otros productos tienen mercurio?

**Baterías:** Fabricantes de todo el mundo han utilizado durante mucho tiempo el mercurio en baterías para evitar la acumulación de gas hidrógeno, el cual puede hacer que la batería tenga fuga. La producción mundial de baterías aún representa alrededor de un tercio de la demanda total de mercurio basado en datos del año 2000 y más del 95% de este uso se atribuye a los fabricantes de baterías fuera de los Estados Unidos.

Hoy en día, la mayoría de las baterías fabricadas no contiene mercurio añadido. Las dos excepciones son las baterías de óxido de mercurio y baterías de la célula del botón.

**Baterías de óxido de mercurio:** En estas baterías el mercurio se utiliza como un electrodo en lugar de un aditivo para controlar la acumulación de gas. El mercurio representa hasta el 40% del peso de la batería. Las baterías de botón de óxido mercúrico están prohibidas por la ley en algunos países, siendo Guatemala una excepción. Las baterías más grandes de óxido de mercurio todavía se producen para el equipo militar y médico. La ley permite que estas baterías se vendan, pero sólo si el fabricante ha establecido un sistema para recoger los residuos de las baterías y se asegura de la gestión adecuada.

**Baterías de botón:** Son las baterías en miniatura en la forma de una moneda o botón que se utilizan para suministrar energía a pequeños dispositivos electrónicos portátiles. Los cuatro compuestos químicos principales que se utilizan son: litio, zinc aire, alcalinas y de óxido de plata. Las baterías de litio no contienen mercurio agregado intencionalmente. Sin embargo, pequeñas cantidades de mercurio se sigue añadiendo a aire más zinc, baterías de óxido de plata y alcalinas miniatura con el fin de evitar la formación de gases internos que pueden causar fugas. Pilas de zinc aire se utilizan principalmente en aparatos auditivos, baterías de óxido de plata se utilizan en relojes y cámaras fotográficas y pilas alcalinas de manganeso se utiliza en termómetros digitales, calculadoras, juguetes y un sinfín de otros productos que requieren una fuente de alimentación compacta.

## Referencias bibliográficas

EPA. 2012. Environmental Protection Agency. "Mercury". <http://www.epa.gov/hg/about.htm> 2013

WHO. 2003. Concise International Chemical Assessment Document 50. Elemental mercury and inorganic compounds: Human health aspects. World Health Organization.

Alissa,E., Gordon A. 2011. Heavy metal poisoning and cardiovascular disease. Journal of Toxicology. Hindawi Publishing Corporation. 2011: 870125. Pp 21

Br. Estefany Sofía Dubón Martínez

M.S.c. Carolina Guzmán Quilo

Asesora de tesis

M.S.c. Yolanda Cristina Juárez Calderón

Asesoría IGSS

Licda. Cinthya Paola Rivera

Revisora de Tesis

M.S.c Hada Marieta Alvarado Beteta

Directora de Escuela

Dr. Rubén Daniel Velásquez Miranda PhD.

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia