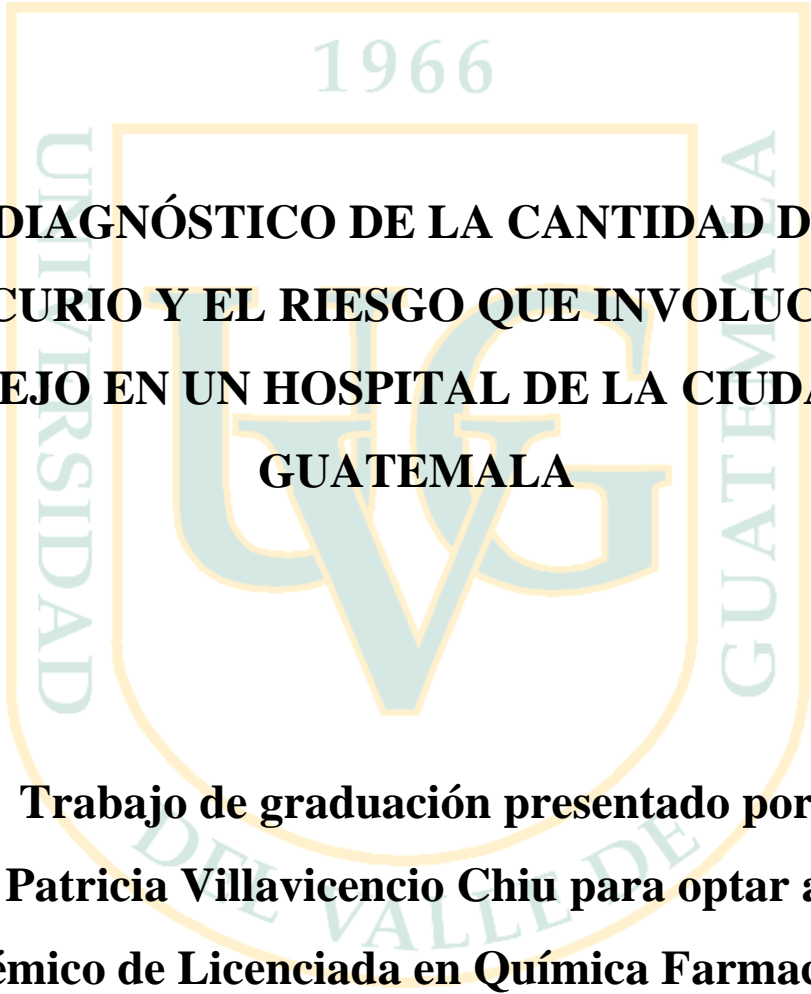


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



**DIAGNÓSTICO DE LA CANTIDAD DE
MERCURIO Y EL RIESGO QUE INVOLUCRA SU
MANEJO EN UN HOSPITAL DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA**

**Trabajo de graduación presentado por
Karen Patricia Villavicencio Chiu para optar al grado
académico de Licenciada en Química Farmacéutica**

Guatemala

2014

**DIAGNÓSTICO DE LA CANTIDAD DE
MERCURIO Y EL RIESGO QUE INVOLUCRA
SU MANEJO EN UN HOSPITAL DE LA
CIUDAD DE GUATEMALA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades

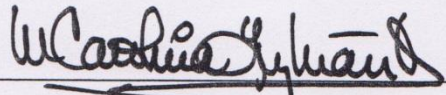
**DIAGNÓSTICO DE LA CANTIDAD DE
MERCURIO Y EL RIESGO QUE INVOLUCRA SU
MANEJO EN UN HOSPITAL DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA**

**Trabajo de investigación presentado por
Karen Patricia Villavicencio Chiu para optar al grado
académico de Licenciada en Química Farmacéutica**

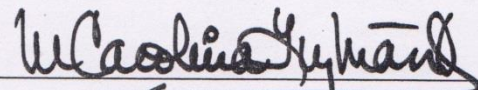
Guatemala

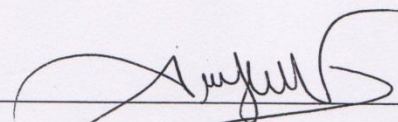
2014

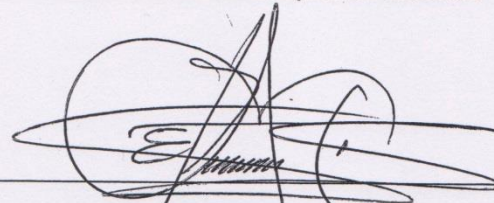
Vo. Bo. :

(f) 
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesor

(f) 
Licenciada Ana Judith Enriquez de Cercelaru

(f) 
Doctor Eliego Rolando López García

Fecha de aprobación: Guatemala, 09 de enero de 2014.

PREFACIO

Este proyecto de investigación se efectuó con el fin de contribuir con la salud humana y ambiental. Es importante considerar los riesgos que existen en el entorno y encontrar una solución para evitarlos. El mercurio es un metal que ha causado intoxicaciones en diversas poblaciones. Siendo el componente de muchos instrumentos e insumos hospitalarios, constituye un riesgo potencial en el área laboral, sanitaria y ambiental; esta investigación presenta una solución para disminuir dicho riesgo.

En este trabajo se exponen los beneficios no sólo sanitarios sino económicos que se obtienen con la implementación de un hospital libre de mercurio. Se espera que el proyecto sea aceptado e incorporado por los profesionales de salud y personal del hospital para que le den continuidad y sean motivo de incentivar a los demás. Un hospital con menos sustancias tóxicas es un lugar más limpio y un paso más para beneficiar a la población.

Principalmente, doy gracias a Dios por guiarme en todo momento y permitirme completar otro reto más en mi vida; a mis padres y hermano por ser personas de ejemplo en mi vida y por siempre estar a mi lado con su apoyo incondicional. Asimismo, mis amigos, quienes me han acompañado en mi camino.

Agradezco al hospital Centro Médico por abrirme sus puertas al conocimiento y permitirme realizar este proyecto. Asimismo, agradezco a todo el personal del hospital, en especial al equipo de Farmacia y Unidosis por su ayuda y apoyo constante. Doy gracias a muchos de mis catedráticos quienes me inspiraron a ser mejor en mi vida profesional y personal; finalmente, agradezco a mi asesora de tesis y a mi director de carrera por todo su apoyo brindado en este proyecto de investigación.

ÍNDICE

PREFACIO	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO CONCEPTUAL.....	2
A. Antecedentes del problema.....	2
B. Justificación	5
C. Planteamiento del problema	6
D. Alcance y limitantes del problema	6
1. Alcance	6
2. Límites	6
III. MARCO TEÓRICO	7
A. Aspectos generales del mercurio:	7
B. Mercurio en el ambiente	8
C. Vías de absorción y metabolismo del mercurio.....	11
D. Efectos en la salud	13
1. Exposición aguda.....	15
2. Exposición crónica.....	15
E. Diagnóstico y tratamiento.....	16
F. Mercurio en el sector salud.....	17
G. Alternativas para la reducción de intoxicaciones con mercurio	21
H. Procedimiento en caso derrames de mercurio	22
I. Manejo de los desechos de mercurio	23
IV. MARCO METODOLÓGICO	24
A. Objetivos.....	24
1. Generales	24
2. Específicos	24
B. Población	25
C. Muestra	25
D. Procedimientos o Instrumentos	25

E. Diseño de investigación.....	26
F. Análisis estadístico	26
V. MARCO OPERATIVO.....	27
A. Recabación y tratamiento de datos	27
B. Recursos	27
1. Recursos humanos	27
2. Recursos materiales	27
VI. RESULTADOS	28
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
VIII. CONCLUSIONES.....	73
IX. RECOMENDACIONES	75
X. BIBLIOGRAFÍA.....	76
XI. ANEXOS	79
ANEXO 1. Encuesta sobre la cantidad de mercurio metálico en un hospital de Guatemala.....	80
ANEXO 2. Encuesta sobre el manejo de los desecho de mercurio metálico en un hospital de la Ciudad de Guatemala	85
ANEXO 3. Tabla Internacional PNUMA.....	89
ANEXO 4. Procedimiento para la limpieza y el manejo de derrames de mercurio	90
ANEXO 5. Plan para la erradicación del mercurio en el hospital	93

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Ciclo natural del mercurio	9
Ciclo antropogénico del mercurio	10
Metabolismo del mercurio.....	13

LISTA DE CUADROS

Cuadro # 1A. Cuantificación de mercurio en los insumos y equipo en servicios del hospital de estudio mediante la tabla <i>ToolKit</i> del PNUMA (Anexo 3)	28
Cuadro # 1 B. Cuantificación de mercurio en los insumos y equipo en servicios del hospital de estudio mediante la tabla <i>ToolKit</i> del PNUMA (Anexo 3).....	29
Cuadro # 2A. Cuantificación de mercurio en los insumos y equipo en demás servicios del hospital estudio mediante la tabla <i>ToolKit</i> del PNUMA (Anexo 3).....	30
Cuadro # 2B. Cuantificación de mercurio en los insumos y equipo en demás servicios del hospital estudio mediante la tabla <i>ToolKit</i> del PNUMA (Anexo 3).....	31
Cuadro # 3A. Cuantificación de mercurio en los insumos y equipo en servicios restantes del hospital de estudio mediante la tabla <i>ToolKit</i> del PNUMA (Anexo 3) .	32
Cuadro # 3B. Cuantificación de mercurio en los insumos y equipo en servicios restantes del hospital de estudio mediante la tabla <i>ToolKit</i> del PNUMA (Anexo 3) .	32
Cuadro # 4. Cuantificación de mercurio metálico total según los insumos y equipo hospitalario.....	34
Cuadro # 5. Cuantificación de mercurio metálico en los servicios del hospital de estudio	35
Cuadro # 6. Poblaciones del personal encuestado de los distintos servicios del hospital de estudio	40
Cuadro # 7. ¿Se encarga de descartar algún tipo de material o insumo?.....	41
Cuadro # 8. Respuestas a la pregunta 3 del anexo 2: ¿qué tipo de desechos manipula?.....	42
Cuadro # 9. ¿Dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros?.....	44
Cuadro # 10. ¿Qué características poseen los recipientes de descarte?.....	45
Cuadro # 11. ¿Existe supervisión durante su labor?.....	46
Cuadro # 12. ¿Realiza algún procedimiento especial para desechos de insumos y equipo que contienen mercurio?	47
Cuadro # 13. ¿Conoce algún procedimiento en caso de rotura de algún insumo o derrame de mercurio?	48
Cuadro # 14. ¿Sabe que algunos de los insumos y equipos hospitalarios contienen mercurio?.....	49
Cuadro # 15. ¿Sabe reconocer estos los insumos con mercurio?	50
Cuadro # 16. ¿Considera haber estado expuesto a los desechos de mercurio?.....	51
Cuadro # 17. ¿Sabe si el mercurio es contaminante y capaz de afectar su salud?.....	52

Cuadro # 18. ¿Sabe si los desechos de mercurio son capaces de afectar el ambiente?	53
Cuadro # 19. Características observacionales respecto al uniforme laboral de los trabajadores encuestados	54
Cuadro # 20. ¿Utiliza protección física durante su labor diaria?	54
Cuadro # 21. ¿Realiza actividades como comer, beber y/o fumar durante su labor? .	55
Cuadro # 22. Actividades que realizan durante la labor respecto a las personas que respondieron sí a la pregunta 16.	56
Cuadro # 23. ¿Ha recibido capacitación para el manejo de desechos con mercurio? 57	
Cuadro # 24. ¿Está interesado en recibir mayor información sobre el mercurio?	58
Cuadro # 25. ¿Qué temas de interés tiene respecto al mercurio?	59
Cuadro # 26. Compra de termómetros mensual y anualmente	60
Cuadro # 27. Compra de lámparas trimestral y anualmente	61
Cuadro # 28. Compra de mercurio total en el hospital anualmente.....	61
Cuadro # 29. Comparación carga de mercurio en el hospital según la cantidad determinada en este estudio y estudio del año 2008	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico # 1. Carga de mercurio que aportan los insumos y equipos hospitalarios.....	34
Gráfico # 2. Cantidad de mercurio presente en todos los servicios del hospital	36
Gráfico # 3. Cantidad (gramos) de mercurio metálico en servicios del hospital con mayor carga del metal.....	37
Gráfico # 4. Cantidad de mercurio metálico en gramos en los servicios del hospital con menor carga del metal	38
Gráfico # 5. Porcentaje de la carga de mercurio metálico presente según los servicios del hospital.....	39
Gráfico # 6. Poblaciones del personal encuestado de los distintos servicios del hospital de estudio	40
Gráfico # 7. ¿Se encarga de descartar algún tipo de material o insumo?	41
Gráfico # 8. Respuestas a la pregunta 3 del anexo 2: ¿qué tipo de desechos manipula?.....	43
Gráfico # 9. ¿Dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros?	44
Gráfico # 10. ¿Qué características poseen los recipientes de descarte?	45
Gráfico # 11. ¿Existe supervisión durante su labor?.....	46
Gráfico # 12. ¿Realiza algún procedimiento especial para desechos de insumos y equipo que contienen mercurio?	47
Gráfico # 13. ¿Conoce algún procedimiento en caso de rotura de algún insumo o derrame de mercurio?	48
Gráfico # 14. ¿Sabe que algunos de los insumos y equipos hospitalarios contienen mercurio?.....	49
Gráfico # 15. ¿Sabe reconocer estos insumos con mercurio?.....	50
Gráfico # 16. ¿Considera haber estado expuesto a los desechos de mercurio?	51
Gráfico # 17. ¿Sabe si el mercurio es contaminante y capaz de afectar su salud?	52
Gráfico # 18. ¿Sabe si los desechos de mercurio son capaces de afectar el ambiente?	53
Gráfico # 19. ¿Utiliza protección física durante su labor diaria?	55
Gráfico # 20. ¿Realiza actividades como comer, beber y/o fumar durante su labor?. 56	
Gráfico # 21. Actividades que realizan durante la labor respecto a las personas que respondieron sí a la pregunta 16.	57
Gráfico # 22. ¿Ha recibido capacitación para el manejo de desechos con mercurio? 58	
Gráfico # 23. ¿Está interesado en recibir mayor información sobre el mercurio?	59

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue cuantificar el mercurio metálico presente en un hospital de la ciudad de Guatemala. Asimismo, se diagnosticó el riesgo potencial que representa la carga de mercurio para los pacientes, el personal y el ambiente. Para la cuantificación del mercurio, se incluyeron los insumos y equipo que contienen el metal mencionado.

La recopilación de los datos se llevó a cabo a través de observación e instrumentos de medición tales como encuestas y la tabla *Toolkit* del Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente (PNUMA). Los datos se tabularon y se analizaron mediante gráficos y estadística descriptiva.

Se cuantificó una carga total de 6,707.74g de mercurio en el hospital. El equipo hospitalario que más carga de mercurio metálico aportó al estudio fueron los esfigmomanómetros. El servicio que se determinó tiene la mayor carga de mercurio metálico es la Torre (niveles 5-7). Del personal encuestado, enfermería y mantenimiento son los que tienen mayor contacto con instrumentos e insumos con mercurio y por tanto, mayor riesgo de intoxicación.

La carga de mercurio cuantificada se comparó con la determinada en un estudio anterior (del año 2008). La cantidad de mercurio aumentó en un 58%, elevando por lo tanto el riesgo potencial. El riesgo aumenta además, al no contar con un procedimiento para el manejo adecuado de sus desechos.

Se recomienda contar con un equipo asignado que facilite la obtención de los datos y acceso a los servicios. Para el hospital, se recomienda implementar un plan (como el propuesto en este proyecto) con objetivos a corto, mediano y largo plazo para lograr la erradicación de mercurio, con lo que se incluye además, un procedimiento para la limpieza y el manejo de desechos. De esta forma se logra el tercer objetivo: ser un hospital libre de mercurio y ser un ejemplo que incentive a los demás del país.

I. INTRODUCCIÓN

El mercurio es un metal tóxico que se encuentra fácilmente en el entorno, tanto de forma natural como antropomórfica. Constituye un contaminante ambiental de suelos, aguas, plantas, animales y humanos. Mucha de esta contaminación proviene de los desechos inadecuadamente manejados, que llegan a aguas y al aire, dispersándose a través de dichos medios, a lugares más lejanos.

Las fuentes antropomórficas de mercurio incluyen instrumentos hospitalarios, tales como termómetros, lámparas, baterías, manómetros, entre otros, los cuales, al romperse, derraman el mercurio que contienen. Dichas fuentes pueden causar contaminación en el lugar del accidente y provocar riesgo de intoxicación para las personas expuestas. Por lo tanto, es importante conocer la forma adecuada para tratar estos accidentes y evitar posibles intoxicaciones.

Asimismo, los desechos de instrumentos inservibles pueden significar una fuente de contaminación ambiental en caso no se desechen adecuadamente. Al mismo tiempo, puede repercutir en el ecosistema (afectando animales y plantas), y ocurrir biomagnificación, exponiendo a poblaciones cercanas a un riesgo de intoxicación.

A nivel mundial, los hospitales contribuyen con un 5% de la contaminación por desecho inadecuado de mercurio. Ante esta situación, es necesario adoptar alternativas que disminuyan las cantidades de mercurio en el ambiente y así disminuir el riesgo de intoxicación hacia las personas.

En este estudio se planteó la alternativa de implementar el uso de instrumentos libres de mercurio en un hospital de Guatemala, enfatizando su importancia y beneficios en cuanto al costo. Se realizó por tanto, como fase inicial, un diagnóstico de la cantidad de mercurio dentro del hospital de estudio, así como el riesgo que involucra su manejo en caso de accidentes, derrames y su forma de desecho.

II. MARCO CONCEPTUAL

A. Antecedentes del problema

En la Organización Mundial de la Salud (OMS) y en el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), recomiendan la eliminación de mercurio en centros de salud. El PNUMA declara que se puede lograr tras el control de lámparas, manómetros, termómetros y otros instrumentos, así como el control en el uso y desecho de amalgamas dentales, el tratamiento correcto de los desechos e incineración de productos con mercurio y procesos como la cremación (19).

En enero de 2013, en la OMS se dio a conocer un tratado sobre la eliminación de mercurio en hospitales. El tratado establece las medidas que se deben emplear para la protección y control de las emisiones de mercurio en el ambiente. Incentiva una “eliminación progresiva”, del mercurio en los instrumentos hospitalarios y en el uso de la amalgama para los tratamientos dentales (14).

Salud sin Daño (SSD), una coalición internacional enfocada en la erradicación de mercurio en el sector salud, trabaja en conjunto con la OMS. Ambas organizaciones incentivan que para el año 2017, se reduzca al menos un 70% del uso de instrumentos y equipo con mercurio a nivel mundial (21).

Distintos países han comenzado la iniciativa contra el uso de instrumentos con mercurio en los hospitales. En los Estados Unidos, treinta estados prohíben el uso de termómetros con mercurio y prohíben o restringen el uso de esfigmomanómetros con dicho metal (19).

En Nicaragua la sustitución de instrumentos con mercurio comenzó con la incorporación de termómetros digitales, en el año 2010. Un año después, alrededor de 29 hospitales públicos contaban con dicha sustitución (19).

En Argentina en el 2009, se comenzó la iniciativa de la compra de instrumentos médicos sin mercurio para el sector de salud, incluyendo la sustitución de termómetros e instrumentos para medir presiones sanguíneas, en más de 1,700 hospitales del país. En el año 2010, se regularizó más dicha iniciativa, prohibiendo la producción, venta, importación o compra de esfigmomanómetros (10).

En Costa Rica y en México se inició la sustitución de instrumentos con mercurio por alternativas libres de dicho metal. Más de 40 hospitales en México ya se encuentran libres de mercurio o en proceso de dicho logro (10).

En Costa Rica existen dos hospitales libres de mercurio y dos modelos piloto (en el año 2010) con el fin de incentivar a que los demás hospitales contribuyan de la misma forma (10). Asimismo se han establecido distintos talleres que apoyen a que se erradique el uso de mercurio en centros de salud, ofreciendo información respecto este metal y el peligro que conlleva. En Brasil existen más de 200 hospitales libres de mercurio (21).

En los países que ya adoptaron la iniciativa, se han analizado los costos-beneficios que involucra la sustitución con instrumentos digitales y se ha determinado que el costo anual se reduce al no tener instrumentos con mercurio. Esto genera un beneficio económico y sanitario. Por ejemplo, un hospital en México ha estimado un ahorro de 10,000 dólares anuales con el reemplazo de termómetros de mercurio; un hospital en Buenos Aires, Argentina ha estimado un ahorro de 3,000 dólares anuales, tras haber sustituido parte de los termómetros de mercurio por instrumentos digitales (10).

Además, se han establecido hospitales piloto (libres de mercurio) en distintos países, con el fin de impulsar a los demás hospitales con esta iniciativa. En Chile se establecieron tres hospitales piloto en los años 2008-2009 y se logró que 16 hospitales se comprometieran a estar libres de mercurio (10).

En el año 2008, se realizó un estudio en 12 hospitales (tanto públicos como privados) de la Ciudad de Guatemala, con capacidad mayor a 50 camas. En este estudio se determinó la cantidad de mercurio existente en cada hospital para así llevar control de

la iniciativa propuesta por la OMS de la erradicación de mercurio en hospitales. Se pudo cuantificar un total de 26.781kg en los 12 hospitales de estudio siendo la mayor fuente de mercurio los esfigmomanómetros (con un 39.09% del total). La cantidad de Hg en el Centro Médico fue de 4,251.7g (4). Con estos resultados, es de analizar el impacto que puede traer consigo el desecho de esa gran cantidad de mercurio. Por lo tanto, es importante el control de los desechos y tratamiento en caso de derrames.

En otro estudio, realizado en el año 2011, se pudo determinar que en 11 hospitales de la Ciudad de Guatemala (con capacidad mayor a 50 camas), no poseían un procedimiento adecuado para el manejo y desecho de mercurio (24). Es importante incentivar la sustitución de dichos instrumentos por alternativas libres de mercurio. Los hospitales que cuenten con este tipo de instrumentos (sin mercurio), son ejemplo para que los demás hospitales apoyen dicha iniciativa, ya que favorece a los pacientes, trabajadores del sector de salud y al ambiente; además que no es sólo un beneficio a la salud sino también un beneficio económico para el país.

Desde el año 2005, en la OMS se ha recomendado la erradicación de mercurio en hospitales así como la realización de procedimientos de limpieza en caso de derrames y un manejo adecuado de los desechos. Se ha recomendado asimismo, la realización de inventarios de mercurio en hospitales y una prohibición a largo plazo del uso de mercurio en centros de salud (20).

En 1998, se realizó un acuerdo entre la American Hospital Association y la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) con el fin que en el año 2005 se eliminara todo mercurio presente en el sector de salud (15).

En el año de 1989, se firmó el Convenio de Basilea, el cual es “un tratado ambiental global” que tiene como objetivo la regulación de los desechos peligrosos, entre los cuales se incluye al mercurio. Este convenio entró en vigor en Guatemala el 5 de mayo de 1992 e involucra también a los demás países de América Latina (18).

Las sustancias que involucra el convenio son aquéllas que se consideren como explosivas, corrosivas, venenosas, tóxicas o ecotóxicas, inflamables e infecciosas. La

finalidad es la protección de la salud y el ambiente con la reducción de los desechos peligrosos al minimizar su fuente (18).

B. Justificación

El mercurio es un metal pesado que perjudica al ambiente y a las personas que entran en contacto con el mismo. Las cantidades de mercurio desechadas por los hospitales son alrededor de 4-5% de la contaminación total de mercurio ambiental, lo que conlleva riesgos de intoxicaciones para las poblaciones cercanas, ya sea por contacto directo o por biomagnificación.

En los hospitales, el mercurio puede encontrarse en termómetros, interruptores eléctricos, dispositivos gastrointestinales, dispositivos de determinación de presión sanguínea, bombillas fluorescentes, baterías, trabajos dentales, desinfectantes y desechos médicos. La intoxicación por mercurio ocurre mediante vía tópica, inhalada o por ingestión del metal. Tras un accidente con alguno de los instrumentos con mercurio, dicho metal se expone al ambiente y las personas cercanas pueden aspirar los vapores del mismo. Al inhalar el mercurio en forma de vapor, las personas se exponen a una intoxicación potencial. La falta de conocimiento sobre el manejo adecuado de los desechos de mercurio, incrementa el riesgo en la salud.

Los hospitales de Guatemala, deben ser ejemplo y evitar todo riesgo potencial de exposición a mercurio, tanto para el personal y pacientes dentro de sus instalaciones como para las personas y los ecosistemas cercanos.

La eliminación de instrumentos o insumos que utilizan mercurio en un hospital, reduce el riesgo de intoxicación hacia personal y pacientes, así como la disminución de la cantidad de desechos de mercurio en el ambiente, evitando por lo tanto la biomagnificación e intoxicaciones potenciales. En caso se cuenten con instrumentos con mercurio en un hospital, es necesario conocer el manejo adecuado de sus desechos, lo cual se logra mediante programas de capacitación al personal y procedimientos detallados.

Es necesario incentivar la sustitución de instrumentos con mercurio, detallando los costos-beneficios que conlleva así como el diseño de objetivos a corto, mediano y largo plazo, que faciliten la erradicación de mercurio en hospitales de Guatemala.

C. Planteamiento del problema

¿Qué cantidad de mercurio metálico existe en un hospital privado de la Ciudad de Guatemala y cuál es su relación respecto al riesgo que involucra con el personal y pacientes según el manejo de los desechos dentro de la institución hospitalaria?

D. Alcance y limitantes del problema

1. Alcance

Se planteó la alternativa libre de mercurio en hospitales privados de la ciudad de Guatemala, mediante la eliminación de instrumentos con dicho metal y se evaluó el riesgo involucrado en el manejo de los desechos de mercurio.

2. Límites

Se incluyó en el estudio solamente el hospital Centro Médico de la ciudad de Guatemala.

III. MARCO TEÓRICO

A. Aspectos generales del mercurio:

El mercurio (Hg) es un metal pesado e inoloro con masa atómica de 200.6g/mol; su aspecto es líquido plateado a temperatura ambiente y puede desprender vapores tóxicos alrededor de los 20°C. Es un elemento explosivo por lo que si se tiene almacenado, se debe tener en un lugar frío y rodeado de agua (9).

El mercurio se encuentra naturalmente en el ambiente y puede existir en tres formas químicas (1):

- Mercurio metálico (o elemental), es un metal con apariencia de un líquido blanco-plateado. Es la forma pura de mercurio. En temperatura ambiente puede evaporarse y contaminar el aire (1).

- Mercurio inorgánico, cuando se combina con cloro, azufre u oxígeno (sales de mercurio). La mayoría son polvos blancos o cristales (1).

- Mercurio orgánico, cuando se combina con carbono. El más común es el metilmercurio (o monometilmercurio). También se encuentra el fenilmercurio (sólido blanco) y dimetilmercurio (líquido incoloro) (1).

El mercurio es altamente tóxico y puede causar daños al ambiente así como la bioacumulación en los organismos de los ecosistemas y en las cadenas tróficas (biomagnificación) (16).

Su grado de toxicidad varía según el estado en el que se encuentre (25), se ha determinado que de estos, los vapores de metilmercurio y de mercurio elemental son las que representan mayor daño a nivel cerebral (2).

B. Mercurio en el ambiente

El mercurio puede liberarse naturalmente por actividad volcánica o distintos procesos biológicos, así como por la actividad humana, tal como por la quema de combustibles fósiles, en plaguicidas, generadores eléctricos, equipo médico, desechos industriales, manufactura de cemento y otros (25).

En los procesos industriales, el mercurio está presente en la minería y al momento de extracción de oro, ya que se utiliza mercurio para formar una amalgama; también se usa en otros metales como el cobre, plata y zinc para procesos de refinamiento (25).

En la naturaleza se encuentra en la forma combinada con sulfuro y en menores cantidades, en su forma elemental. El sulfuro de mercurio no se encuentra en grandes cantidades y no se consideran un riesgo importante para las cadenas tróficas (6).

La fuente natural de contaminación más significativa se da por los vapores emitidos por el mercurio elemental. Como fuentes antropogénicas se encuentra el uso de fungicidas, herbicidas, conservantes de semillas, desechos inadecuados en industrias, pinturas, baterías, combustiones, hospitales entre otras (6).

En particular, el mercurio elemental tras evaporarse, puede permanecer durante años en la atmósfera y ser transportado fácilmente a distintos lugares, depositándose en el sedimento de lagos, ríos o bahías, en los cuales se transforma en metilmercurio y es absorbido fácilmente por el fitoplancton. En la cadena trófica, el fitoplancton es luego consumido por el zooplancton y peces, los cuales pueden ser consumidos por especies depredadoras superiores, tal como tiburones o incluso los humanos (25). Por otro lado, puede acumularse en las plantas ya sea al incorporarse a lagos o ríos, o por los vapores emitidos; las plantas a su vez son consumidas por el ganado, el cual también llega a ser alimento para los humanos. A esto se le conoce como el ciclo natural del mercurio (ver Figura 1) y es importante para evitar intoxicaciones accidentales (6).

Figura 1: Ciclo natural del mercurio

(6)

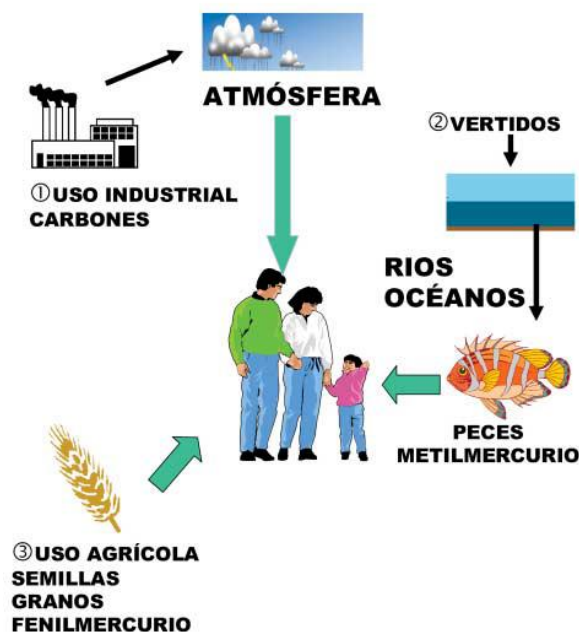
Los peces pueden presentar niveles de mercurio muy variables; esto se debe a que la concentración de metilmercurio en los peces es en función a un número de factores determinados, lo que incluye la cantidad de mercurio depositado en la atmósfera, fuentes naturales de mercurio, fuentes locales de mercurio, las propiedades físico-químicas del cuerpo de agua, el tamaño y la especie de pez (22).

Las aves y los mamíferos que se comen a los peces son los que tienen más riesgo de estar expuestos a metilmercurio que cualquier otro animal en el ecosistema, así como los peces que se comen otros peces. El metilmercurio se ha encontrado incluso en águilas, nutrias y panteras, lo que indica que es un tóxico al que están expuestas muchas especies y que puede causar su muerte, reducir la fertilidad o crecimiento e incluso cambiar su comportamiento (22).

Cuando influye la actividad humana, la contaminación del mercurio al ambiente y consecutivamente a la cadena trófica es más variada. El mercurio puede llegar al organismo por los vapores emitidos de una industria, por los desechos vertidos, o combustión de fuentes de carbono. El mercurio liberado contamina las cadenas tróficas en cantidades mayores y de forma directa: puede entrar al agua si se vierten los

desechos a través de alcantarillas o con el uso de algún producto industrial (herbicidas, etc.). De igual forma que en el ciclo anterior, en el ciclo antropogénico (ver figura 2) se contaminan las aguas, animales y plantas, y pueden llegar a causar intoxicaciones accidentales en las personas (6).

Figura 2: Ciclo antropogénico del mercurio



(6)

Por la biomagnificación del mercurio, se han presentado muchos casos en los que los peces y mariscos que consumen las personas son una fuente importante de metilmercurio. Es de considerar que el mercurio al ser un metal, no es eliminado con la cocción del alimento, por lo que la persona se expone a una intoxicación mediante ingestión (25).

En el año 2004, en la Organización mundial de la salud (OMS) se estableció que el límite seguro de ingesta de metilmercurio es de $1.6\mu\text{g}/\text{kg}$ semanales, lo que evita que se desarrollen daños neurotóxicos y al feto (25).

En cuanto a la concentración segura de exposición a largo plazo de mercurio inhalado o ingerido es de $2\mu\text{g}/\text{kg}$ por día (25).

La biomagnificación de mercurio ha causado numerosas intoxicaciones e incluso epidemias de envenenamiento. Un ejemplo es el ocurrido en la Bahía de Minamata, Japón, en la cual, durante los años 50's, se desechó gran cantidad de productos orgánicos de mercurio, lo que causó bioacumulación en los peces. Éstos fueron consumidos por los habitantes y alrededor de 20,000 personas resultaron intoxicadas, 900 fallecieron y cientos de personas fueron afectadas por la enfermedad de Minamata, que surgió tras dichas intoxicaciones (16).

En el año de 1971 ocurrió otra epidemia por intoxicación con mercurio. En Irak se importó 95,000 toneladas de cereales que habían sido tratados con metilmercurio con el fin de utilizarlos para siembra. Haciendo caso omiso a las advertencias, se molieron los granos y se obtuvo en forma de harina para hacer pan. Debido a esto, 6,530 personas resultaron intoxicadas tras su consumo y 500 personas fallecieron (16).

En el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del año 2013 se publicó el daño que provoca el mercurio en las poblaciones, el cual es principalmente, un daño neurológico. Esto repercute incluso en el coeficiente intelectual de los lactantes cuando la madre posee una intoxicación con dicho metal. Se ha podido asociar morbilidad con la exposición a mercurio, y su control es importante para observar si las intoxicaciones con mercurio van disminuyendo. Este informe declara que una alternativa para la disminución a la exposición de mercurio es por la reducción de la ingesta de alimentos marinos (17).

C. Vías de absorción y metabolismo del mercurio

Las vías de exposición pueden ser por inhalación (vía más común, por los vapores o polvos), ingestión o por absorción a través de la piel u ojos, causando irritación. Esta última se da generalmente cuando existe una herida en la piel. Para manipular el mercurio, se debe utilizar vestimenta adecuada (traje de protección), así como guantes para evitar todo contacto con la piel (9, 12).

Los vapores de mercurio se expanden en la atmósfera y se pueden acumular en áreas con poca ventilación dado que es más pesado que el aire. Vía inhalada puede absorberse entre un 75% – 85% y, al no presentar un olor, puede ser inhalado sin que la persona se percate (1).

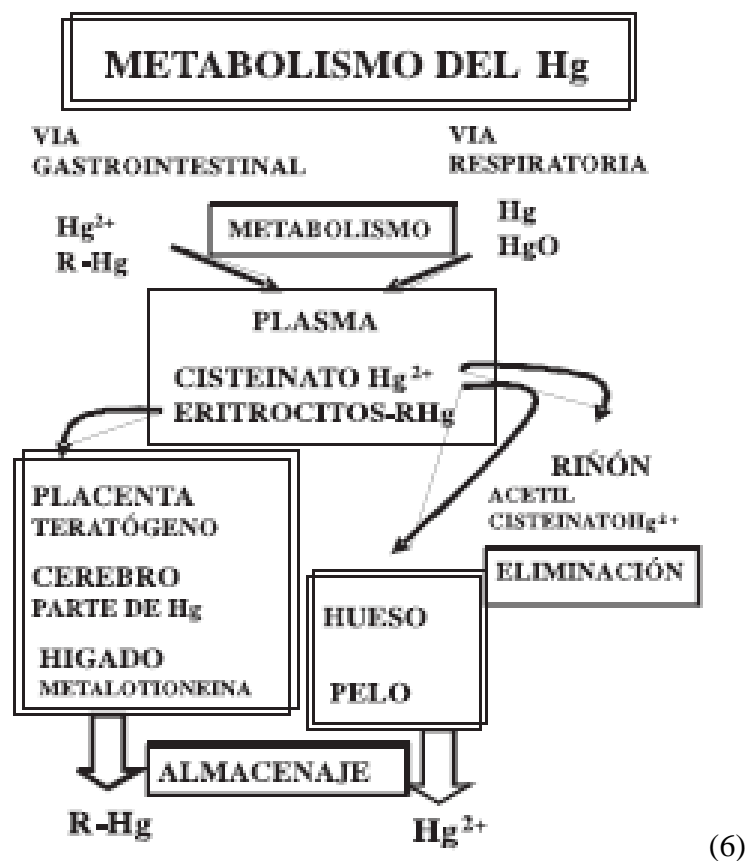
En contacto con la piel, el mercurio es absorbido más lentamente, sin embargo, causa irritación tanto en la piel como en mucosas y ojos, llegando a producir dermatitis (1).

La absorción por ingestión se da con mercurio en forma líquida, generalmente. Este tipo de absorción representa menor riesgo que la inhalación ya que al ser ingerida se absorbe menos de un 0.1% del mercurio total ingerido (1).

El hidrargirismo (intoxicación con mercurio), se da por la unión del mercurio con los grupos tioles o sulfhidrilos (-SH) de las proteínas (dentro de las células), lo que causa la inhibición de enzimas que participan en el ciclo de Krebs, interrumpiendo la cadena respiratoria. A consecuencia de esto se dan trastornos en tejidos renales, nerviosos y hepáticos. La monoaminoxidasa (MAO) es otra enzima que también es inhibida tras una intoxicación con mercurio, lo que altera el SNC (11, 12).

Las formas inorgánicas de mercurio se disuelven fácilmente en el plasma y se unen a la cisteína, incitando su eliminación renal en forma de acetyl cisteinato, compuesto bastante soluble. Al contrario, las formas orgánicas de mercurio son difíciles de eliminar y por su baja solubilidad, pueden atravesar fácilmente la barrera hematoencefálica, causando encefalopatías graves, y cruzan también fácilmente la placenta y se elimina a través de la leche materna (6, 11).

El mercurio tiende a acumularse mayoritariamente en los huesos, pelo, uñas, hígado, riñones, cerebro y placenta. En los huesos, el mercurio inorgánico puede reemplazar (por isomería) al calcio (Ca^{2+}) y producir efectos bastante tóxicos (6).

Figura 3: Metabolismo del mercurio

La principal vía de eliminación del mercurio es mediante la orina, seguido de las heces, saliva, vía respiratoria y a través del sudor (12).

D. Efectos en la salud

Los metales se pueden acumular en los órganos tras su ingestión. Pueden formar fácilmente complejos estables con grupos sulfhidrilo, causando efectos biológicos dañinos. Para evitar la exposición laboral, es importante capacitar al personal sobre su peligro y mantener la higiene del sitio (12).

El mercurio elemental y el metilmercurio son tóxicos a nivel del sistema nervioso central y periférico. La inhalación de los vapores puede producir daño al sistema inmune, digestivo, pulmones y riñones. Las sales inorgánicas de mercurio son

corrosivas y pueden dañar la piel, ojos, tracto gastrointestinal, así como producir nefrotoxicidad en caso de ingestión (25).

A la intoxicación crónica por mercurio se le conoce como hidrargirismo. Tras la intoxicación (en cualquiera de sus formas) se manifiesta en el paciente cambios en su comportamiento y a nivel neurológico. Se producen síntomas como temblor, insomnio, pérdida de memoria, jaquecas y disfunciones motoras (25).

Los niños son más vulnerables a una intoxicación que los adultos; y es de considerar que los niños no responden a la intoxicación de la misma forma (25).

Las mujeres embarazadas deben tener especial cuidado ya que puede atravesar la barrera placentaria, ocasionando daño en el desarrollo neurológico del feto, también puede pasar a través de la lactancia hacia el bebé. La intoxicación se observa a través de síntomas neurológicos como retardo mental, convulsiones, pérdida de visión o audición, pérdida de cabello, desórdenes de lenguaje y pérdida de memoria (25). La exposición prenatal a metilmercurio es teratogénica y neurotóxica. La exposición postnatal afecta las vías respiratorias, vasculares, el sistema renal y neurológico (3).

En niños, la exposición crónica a mercurio es evidente por un color rojo característico en sus extremidades, a lo que se le conoce como acrodinia, con la que se observan erupciones cutáneas y parestesias (25).

No se han hallado datos sobre la capacidad de causar cáncer para todos los estados del mercurio. Sin embargo, se ha observado que el cloruro de mercurio aumenta la formación de tumores en ratones y que el metilmercurio causa tumores renales en ratones machos. Por estas evidencias, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha declarado que tanto el metilmercurio como el cloruro de mercurio son compuestos con probabilidad de causar cáncer en los humanos (2). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) declara que el metilmercurio es un compuesto con posibilidad de ser carcinogénico para los humanos (se clasifica en el grupo 2B) y el mercurio metálico así como el mercurio inorgánico, no son clasificables por ser carcinogénicos en humanos, perteneciendo estos al grupo 3 (8).

1. Exposición aguda. Es aquella en la cual la intoxicación ocurre de forma inmediata tras la exposición con el agente tóxico. En una exposición aguda con mercurio (causada generalmente por exposiciones altas a vapores de mercurio) se presentan síntomas respiratorios como dificultad para respirar, tos e irritación de la garganta. También se observan efectos gastrointestinales tales como sabor metálico, náusea, vómito, diarrea y dolor abdominal. En cuanto al SNC se presentan cefaleas, debilidad y visión borrosa (1).

Tras varios días de la exposición inicial, los síntomas se asemejan a los de una intoxicación por mercurio inorgánico, lo que incluye salivación excesiva, daño renal y enteritis, así como daño en el SNC (1).

La intoxicación se manifiesta de la siguiente manera en el organismo:

- a. En el sistema respiratorio, el mercurio en altas concentraciones puede causar en el paciente: disnea, dolor de pecho, tos, fiebre, cefalea y neumonitis química (1).
- b. Sobre el daño renal, altos niveles de mercurio pueden causar disfunción tubular, proteinuria e incluso necrosis y fallo renal (1).
- c. En el sistema cardiovascular, puede causar taquicardia e hipertensión (1).
- d. En contacto con la piel, lo que se da con el mercurio líquido, puede causar irritación a la dermis. Se presenta acrodinia, que está caracterizada por enrojecimiento de la piel debido a la hipersensibilidad producida por el mercurio absorbido (1).

2. Exposición crónica. Se refiere a la absorción de mercurio mediante un tiempo prolongado. La intoxicación no se observa inmediatamente (como lo es en la exposición aguda) sino con el transcurso del tiempo y depende de qué tanta cantidad del tóxico es absorbida a lo largo de la exposición. En la intoxicación crónica con mercurio, se observan daños principalmente a nivel renal y en el sistema nervioso. Como síntomas clásicos se encuentran: disfunción renal, inflamación orofaríngea y efectos neuropsiquiátricos (tremor, ansiedad, pérdida de memoria, insomnio, fatiga y disfunción motora) (1).

A nivel del sistema digestivo, se da el cuadro conocido como estomatitis mercurial, caracterizado por sialorrea (salivación excesiva), que puede ir acompañada de una hipertrofia en las glándulas salivales. En la boca pueden aparecer úlceras y pueden caerse los dientes (los pacientes experimentan sensación que los dientes les han crecido). Así mismo, se observa en las encías un color gris-azulado. El paciente también siente un sabor metálico y aliento fétido (12).

En el sistema nervioso central aparece el cuadro conocido como eretismo mercurial, que consiste en trastornos psíquicos como tristeza, irritabilidad, insomnio, ansiedad, temor y depresión. El síntoma característico es el temblor de lengua, labios, dedos y párpados y puede extenderse hasta las manos. Durante el sueño el temblor desaparece, lo que lo diferencia del parkinsonismo (12).

E. Diagnóstico y tratamiento

En caso se ingiera el contenido de un termómetro de mercurio, no se precisará de un tratamiento (ya que la cantidad de mercurio de un termómetro no es significativa), a menos que conlleve también la ingesta de los cristales. Si tal es el caso, debe tratarse como cuerpo extraño (3).

Los marcadores biológicos que permiten identificar una intoxicación con mercurio son principalmente la orina y la sangre, con lo que se puede determinar la concentración de dicho metal. En la sangre, se determina el nivel de electrolitos, glucosa y en la orina se determina la función renal así como el pH de la misma (1).

El diagnóstico puede darse mediante un análisis de orina (lo que serviría durante las 24 horas tras la absorción de mercurio) o bien, mediante un análisis de sangre mediante espectrofotometría de absorción atómica, lo cual es más exacto (12).

Una técnica inespecífica es la determinación de lacticodeshidrogenasa (LDH) en la orina. Cuando existe exposición al mercurio, los niveles de LDH son mayores a lo normal y se observa aminoaciduria (12).

Tanto los niveles determinados en la sangre como en la orina permiten determinar si la exposición es reciente o no, sabiendo que el mercurio en sangre tiene una vida media de eliminación de tres días; sin embargo, la vida media de eliminación en todo el cuerpo es de 60-90 días. La cantidad de mercurio en la orina es generalmente menor a 10µg/L (entre 0.1 µg/L -6.9 µg/L) y en la sangre es generalmente menor a 40µg/L y no debe exceder los 50µg/L (1, 2).

Una exposición crónica al mercurio se puede determinar con el nivel del metal presente en el cabello (1).

No existe un antídoto específico para el mercurio. Para el tratamiento de una persona intoxicada se utiliza una terapia con algún quelante. El agente quelante más utilizado es el dimercaprol (BAL), administrando 3mg/kg cada cuatro horas vía intramuscular durante 2 días, seguido de un tratamiento cada 12 horas, 7-10 días tras observar que los niveles en orina son menores de 50µg/L. también se utiliza el ácido 2,3.-dimercaptosuccínico (DMSA), administrado vía oral (1,3).

En caso el paciente tenga dificultad para respirar, se le aplica algún broncodilatador (esto también incluye a los niños) u oxígeno y se debe chequear el ritmo cardíaco (1, 3).

Si la persona se encuentra contaminada con mercurio físicamente, debe retirarse toda la ropa que contenga trazas del metal y lavarse rigurosamente con agua y jabón para retirar todo el mercurio. En caso los ojos estén irritados por mercurio, se debe aplicar abundante agua durante 5 minutos y si se tienen lentes de contacto, tratar de retirarlos sin dañar al ojo (1).

F. Mercurio en el sector salud

En hospitales y centros de salud, grandes cantidades de mercurio son desechadas inadecuadamente al ambiente tras el uso de instrumentos como termómetros y aparatos

de medición de la presión (entre otros más) o por la incineración de desechos médicos (25).

Se ha podido determinar que el sector de la salud contribuye con aproximadamente un 5% del total de mercurio liberado al ambiente (mediante un desecho inadecuado en las reclusas) (25).

De todos los instrumentos que maneja el sector de salud, las amalgamas dentales son la fuente de exposición más significativa, puesto que contiene más de un 50% de mercurio elemental. Éste puede a su vez liberarse en la atmósfera en forma de vapor o como partículas finas que pueden ser fácilmente inhaladas o ingeridas por pacientes, personal y dentistas. Es de considerar que con la cremación, se libera el mercurio a la atmósfera, representando un riesgo más (25).

La cantidad de mercurio en los instrumentos varía según el mismo. Por ejemplo, para los termómetros de mercurio para medir la temperatura corporal, contienen entre 0.5 a 1.5g de dicho metal (21); la amalgama utilizada para fines dentales contiene una cantidad de 0.296g de mercurio; un esfigmomanómetro contiene 81g de mercurio; y un foco fluorescente de 48 pulgadas o 40W, contiene 0.006225g de mercurio. Es por esto mismo, que a grandes cantidades de dichos instrumentos o insumos, la cantidad total de mercurio en potencia para desecho es bastante elevada e importante tenerla en cuenta para evitar contaminaciones e intoxicaciones (4).

El timerosal es utilizado como conservante en las vacunas; contiene un 49.6% de etilmercurio, por lo que en la OMS se evaluó el riesgo-beneficio que podía representar en los pacientes. En el año 2006 se concluyó que, dado que el etilmercurio no se acumula en las personas (se excreta mediante el intestino), el riesgo del daño a la salud era bajo, por lo que no se hizo necesario establecer un cambio en el método de vacunas (25). Sin embargo, se ha delimitado que la cantidad que debe estar presente en el timerosal es de 0.0001% y sólo es adecuado a partir de los 12 meses de edad (15).

En siglos anteriores, el mercurio era utilizado en tratamientos médicos como para tratar estreñimiento, dolores abdominales e infecciones. Sin embargo, conforme se fue determinando la toxicidad que implicaba, sus usos médicos fueron disminuyendo y

sus usos como un objeto mágico fueron incrementando (se utilizaba en velas, productos de limpieza e incluso se rociaba en viviendas o autos como símbolo de buena suerte), sobre todo en las comunidades rurales (15).

En la actualidad, el mercurio aún es bastante utilizado y se encuentra en instrumentos hospitalarios como: termómetros, manómetros, barómetros, esfigmomanómetros, amalgamas dentales, tubos gastrointestinales, lámparas (fluorescentes, germicidas, ultravioleta, vapor de Hg metálico, tubo de rayo catódico), baterías (alarmas, marcapasos, monitores, bombas, balanzas, ultrasonidos, ventiladores, audífonos, analizadores de sangre) (15, 7).

Las amalgamas dentales están constituidas generalmente por mercurio, plata, estaño y, en menores cantidades, por zinc y cobre. El mercurio presente constituye alrededor de un 43% - 54% del peso total. Al momento de realizar los rellenos, el Hg es liberado en forma de vapor, al que se ve expuesto el dentista y el paciente (15).

Los hospitales contribuyen con un 4-5% del mercurio total presente en aguas residuales. Existe mayor cantidad de mercurio (alrededor de 50 veces más) en residuos médicos que en los municipales; lo cual es en gran parte a causa de la incineración de residuos médicos. Esto los sitúa como una de las causas principales de la contaminación ambiental con mercurio (15).

Aún así, existen alternativas libres de mercurio que pueden utilizarse en lugar de los instrumentos médicos que contienen el metal. Por ejemplo, para el caso de termómetros, existen en la actualidad termómetros digitales, aneroides, de alcohol y de galistán que resultan menos tóxicos. En el caso de los esfigmomanómetros, manómetros y barómetros con mercurio, se pueden reemplazar por instrumentos electrónicos. Como alternativa para los tubos gastrointestinales con Hg, están los tubos con pesas de tungsteno. Para las amalgamas dentales, se pueden sustituir por oro, cerámica o polímeros. Así mismo, se puede sustituir el tipo de lámparas mencionadas anteriormente (con Hg) por lámparas ordinarias, de alta energía, ópticas y de baja presión. Las baterías que contengan mercurio se pueden reemplazar por baterías recargables o de zinc-carbón (15).

El uso de mercurio en los laboratorios también puede ser sustituido por otros compuestos menos tóxicos (15).

Por lo tanto, mediante estas alternativas, es factible que los hospitales puedan ser centros libres de mercurio y así evitar intoxicaciones y contaminación. Todo residuo que contenga mercurio debe ser considerado como tóxico y su manejo debe ser adecuado y por separado (11).

Tanto la intoxicación como la contaminación son dos razones principales por las que se incentiva a la eliminación de mercurio en centros de salud. Sin embargo existen más. Se ha estimado que alrededor de 60.000 bebés por año en los Estados Unidos nacen con riesgo de tener alteraciones en el SNC debido a una exposición con mercurio en el útero. Aproximadamente un 10% de las mujeres fértiles (también estudios en los E.E.U.U.) pueden poseer niveles de mercurio lo suficientemente altos para causar efectos neurológicos al feto al momento de quedar embarazada (15).

Es importante mencionar que en costo-beneficio, es mayor el beneficio obtenido. Es más costoso y peligroso tratar y eliminar los materiales que están contaminados con mercurio que adquirir las alternativas que no contienen mercurio. Por lo tanto, la eliminación de Hg en hospitales es una mejora en la salud al medio ambiente (15).

El uso de instrumentos con mercurio involucra una buena gestión de dicho metal. Los centros que lo utilizan deben estar informados sobre la forma de desecho adecuada. Sin embargo, la mayoría de los casos, los residuos con Hg son incinerados, lo que causa emisiones de mercurio significativas (15).

El personal de un centro salud puede exponerse ante una intoxicación ocupacional y desarrollar síntomas como bronquitis, neumonitis, dolor en el pecho, tos, entre otras (7).

Para prevenir esto se puede capacitar al personal para que sepan manejar correctamente el mercurio y desechos del mismo. Es importante que se realicen limpiezas diarias para prevenir acumulación de residuos (12).

G. Alternativas para la reducción de intoxicaciones con mercurio

En la OMS brindan distintas recomendaciones para lograr la reducción o eliminación de los desechos de mercurio en el ambiente y así evitar la continua biomagnificación. Para esto, es necesario reducir las cantidades de mercurio utilizadas con la promoción del desarrollo de alternativas del uso del mercurio. Mediante estas alternativas también se incentiva la reducción de la liberación del mercurio al ambiente (25).

La sustitución de instrumentos que contienen mercurio, utilizados en el sector salud por otros que no contengan dicho metal es necesaria para disminuir los desechos y el riesgo de intoxicación (25). De los instrumentos, se ha determinado que los esfigmomanómetros son los que causan mayor cantidad de mercurio al ambiente y es esencial que se sustituya por una alternativa sin el metal (13). Mientras se logra esta erradicación, se pueden realizar programas de educación para un manejo y desecho adecuado del mercurio (25).

El programa de Salud sin Daño establece que para lograr la erradicación de mercurio en el sector salud, existen como pasos los siguientes (21):

1. Crear un grupo de personas que se encargue de eliminar mercurio en el hospital (21)
2. Compromiso de la Dirección, logrado mediante la firma de una carta que indique su compromiso con el hospital en erradicar el mercurio dentro del establecimiento (21).
3. Inventario de equipos, instrumentos y desechos con mercurio (21)
4. Establecer un programa que describa el proceso para la eliminación de mercurio en el hospital (21).
5. Realización de post-evaluación (21).

H. Procedimiento en caso derrames de mercurio

En caso se derrame mercurio ya sea por la rotura de un termómetro u otro instrumento, es importante saber qué hacer y qué no se debe hacer para evitar todo tipo de intoxicación o contaminación.

Al momento de que se haya derramado, no se debe utilizar una escoba puesto que puede separar al mercurio en pequeñas gotitas que solamente se esparcirán más en el área. Asimismo, no se debe desechar el mercurio en el lavabo o tubería, ya que puede tapanla y puede contaminar el lugar al que va a desembocar (23).

En caso se rompa un termómetro y exista mercurio derramado, lo primero que se debe realizar es un despeje del área, evitando que las personas (y en especial los niños), caminen alrededor. Si el derrame ocurre en superficies absorbentes, como por ejemplo una alfombra, ésta debe ser desechada correctamente (23).

Para la limpieza, se deben utilizar guantes de látex. Si existen fragmentos de vidrio o piezas punzocortantes, recogerlas con precaución y depositarlas en una toalla de papel y luego asegurarla en una bolsa con cierre. Esta basura debe descartarse como lo indica el centro de salud determinado (23).

Para limpiar el mercurio, utilizar una escobilla de plástico o de cartón para juntar todo el mercurio y luego recogerlo con un gotero. El mercurio recolectado se debe verter cuidadosamente en una toalla de papel, la cual debe asegurarse en una bolsa con cierre. Esta bolsa con el mercurio debe descartarse según el procedimiento del centro de salud (23).

Habiendo recogido las gotas visibles, colocar en la superficie del derrame una pequeña cantidad azufre sublimado (evita que se desprendan los gases de Hg y lo hace más visible) y retirar con una cinta adhesiva (esto también permite recoger fragmentos muy pequeños de vidrio que pudieran quedarse en la superficie). Colocar la basura en una bolsa con cierre y descartarla adecuadamente (23).

I. Manejo de los desechos de mercurio

Al momento en el que ocurra un derrame o un accidente en el que se haya roto algún instrumento y ocasionado la dispersión de mercurio, se debe tratar como un compuesto altamente tóxico y evacuar el área. Así mismo estos desechos así como los desechos de mercurio que contienen los instrumentos que ya no poseen uso, se deben recolectar en un recipiente adecuado y colocarse como un desecho peligroso, en caso de los derrames. Para los instrumentos, éstos deben ser guardados con precaución (5).

Lo más recomendable es la recolección de instrumentos y mercurio derramado (éste último en frascos apropiados) y trasladarlo a un centro especializado para que se encargue de llevar a cabo el tratamiento que involucre menos riesgo ambiental (5).

IV. MARCO METODOLÓGICO

A. Objetivos

1. Generales

- a. Evaluar la cantidad de mercurio metálico presente en el hospital de estudio.
- b. Identificar el riesgo que conlleva el manejo de los desechos de mercurio metálico.
- c. Desarrollar un plan para la erradicación de mercurio metálico en el hospital de estudio.

2. Específicos

- a. Identificar y cuantificar los servicios que más carga de mercurio metálico aporten al estudio.
- b. Determinar los insumos y equipos que más carga de mercurio metálico aporten al estudio.
- c. Diagnosticar el riesgo que involucra la cantidad de mercurio metálico existente en el hospital de estudio.
- d. Evaluar el manejo de los desechos de mercurio metálico en el hospital participante.
- e. Diseñar estrategias a corto, mediano y largo plazo para el manejo de mercurio metálico en el hospital participante y su posterior erradicación.
- f. Identificar los instrumentos con mercurio metálico y establecer alternativas para su posterior sustitución.

B. Población

Lo conforman los hospitales privados de la Ciudad de Guatemala.

C. Muestra

Involucra al hospital Centro Médico de la Ciudad de Guatemala.

D. Procedimientos o instrumentos

1. Revisión bibliográfica sobre el mercurio, importancia de erradicar todo instrumento hospitalario con dicho metal y alternativas para su sustitución.
2. Elaboración del proyecto de investigación.
3. Búsqueda del instrumento de evaluación para la realización del estudio.
4. Recolección de los datos de mercurio metálico en el hospital de estudio conforme el Anexo 1 y la tabla de inventario de mercurio *Toolkit* del PNUMA (Anexo 3).
5. Obtención de resultados sobre el manejo de desechos de insumos que contienen mercurio metálico en el hospital de estudio (Anexo 2).
6. Tabulación de datos obtenidos de inventario y encuesta.
7. Análisis de los resultados obtenidos de los instrumentos de evaluación.
8. Realización del informe final.

E. Diseño de investigación

El presente estudio constituye un modelo descriptivo en el que se evaluó la cantidad de mercurio metálico presente y el riesgo que implica el manejo de sus desechos en el Centro Médico de la Ciudad de Guatemala. Se efectuaron encuestas, utilizándolas como instrumento de recolección de datos. Los resultados obtenidos se analizaron y se propuso un plan para la erradicación de mercurio metálico en los hospitales, planteando alternativas en cuanto al uso de instrumentos libres del metal de manera que se reduzca el riesgo de intoxicaciones y la contaminación ambiental.

F. Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva para la interpretación y análisis de datos del estudio.

V. MARCO OPERATIVO

A. Recabación y tratamiento de datos

Los datos se recabaron a través de los instrumento de medición (Anexos 1 y 2). Los datos se trataron a través de tablas, gráficos y datos estadísticos, así como en forma descriptiva.

B. Recursos

1. Recursos humanos

- a. Autora: Karen Villavicencio
- b. Asesora: MSc. Carolina Guzmán Quilo
- c. Personal responsable de los servicios del hospital.

2. Recursos materiales

- a. Computadora
- b. Programa estadístico
- c. Artículos científicos
- d. Libros
- e. Fuentes terciarias
- f. Impresora
- g. Hojas
- h. Lapiceros
- i. Cuaderno
- j. Medio de transporte
- k. Hospital de estudio.

VI. RESULTADOS

Cuadro # 1A. Cuantificación de mercurio en los insumos y equipo en servicios del hospital de estudio mediante la tabla *ToolKit* del PNUMA (Anexo 3)

Clase de fuente	Objeto	Peso aproximado por unidad (g, a menos se indique)	Total unidades contadas									Subtotal (gm)	Clase de fuente	Total por fuente (gm)	% del Total			
			Área 1 Torre (Nivel 5,6,7)	Área 2 Planta alta (2o. Nivel)+ Informática	Área 3 Planta Central (1er. Nivel)+ Suministros y enfermería	Área 4 Planta baja (pasillos, bodega, vestidores, jardín, comedor)	Área 5 Sótanos	Área 6 Servicios Auxiliares	Área 7 Mantenimiento	Área 8 Farmacia (central y bodega)	Área 9 Áreas Externas (Lobbys)							
Gastroenterología																		
	Dilatadores esférgicos (set)	5,700																
	Tubos cantor	95																
	Tubos Miller-Abbott	67.5																
	Tubos de alimentación	148.5																
	Tubo Sengstaken Blakemore	20																
Esfigmanómetros																		
	Esfigmanómetros Trimline	70																
	Baum o Baxter	83																
	Esfigmanómetro Empire	90																
	Otros	81	30.0	4.0	6.0					1.0	1.0				3,402.0			
No clínicos																		
	Kit de reparación de masa Hg. Lb. (30 ml por botella)	454													0.0			
	Masa Hg. ml.	13.6													0.0			
	Masa Hg. fl.oz.	394.4													0.0			
	Medidores de presión																	
	Barómetro de 20 pulg.	800													0.0			
	Barómetro de 30 pulg.	1850													0.0			
	Vacuómetros														0.0			
	Manómetros	2	9.0	4.0											100.0			

Cuadro # 3A. Cuantificación de mercurio en los insumos y equipo en servicios restantes del hospital de estudio mediante la tabla *ToolKit* del PNUMA (Anexo 3)

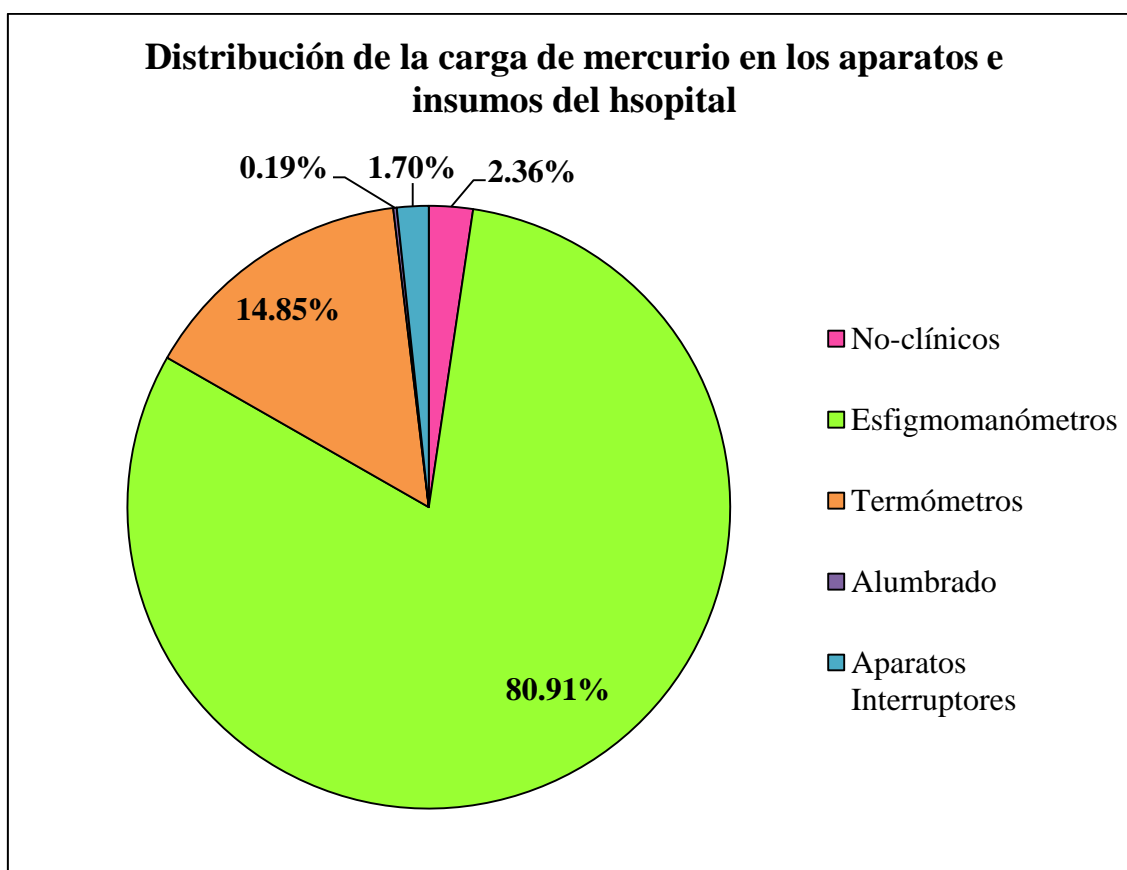
Clase de fuente	Objeto	Peso aproximado por unidad (g, a menos se indique)	Total unidades contadas							Subtotal (gm)	Clase de fuente	Total por fuente (gm)	% del Total
			Area 19	Area 20	Area 21	Area 22	Area 23	Area 24	Area 25				
Gastroenterología	Dilatadores esofágicos (set)	5.700										0.0	0.0%
	Tubos cantor	95										0.0	
	Tubos Miller-Abbott	67.5										0.0	
	Tubos de alimentación	148.5										0.0	
	Tubo Sengstaken Blakemore	20										0.0	
Esfigmomanómetros												0.0	0.0%
	Esfigmomanómetros Trimline	70										0.0	
	Baum o Baxter	83										0.0	
	Esfigmomanómetro Empire	90										0.0	
	Otros	81										0.0	
No clínicos												2.0	3.9%
	Kit de reparación de Masa Hg. Lb. (30 ml por botella)	454										0.0	
	Masa Hg. ml.	13.6										0.0	
	Masa Hg. fl.oz.	394.4										0.0	
	Medidores de presión	800										0.0	
	Barómetro de 20 pulg.	1850										0.0	
	Barómetro de 30 pulg.											0.0	
	Vacuómetros											0.0	
	Manómetros	2									1.0	2.0	

Cuadro # 4. Cuantificación de mercurio metálico total según los insumos y equipo hospitalario

Clase de fuente	Gramos de Hg	% del Total	% Acumulativo
No-clínicos	158.0	2.36%	2.36%
Esfigmomanómetros	5,427.0	80.91%	83.26%
Termómetros	996.0	14.85%	98.11%
Alumbrado	12.7	0.19%	98.30%
Aparatos Interruptores	114.0	1.70%	100.00%
TOTAL Hg	6,707.74	100%	100.00%

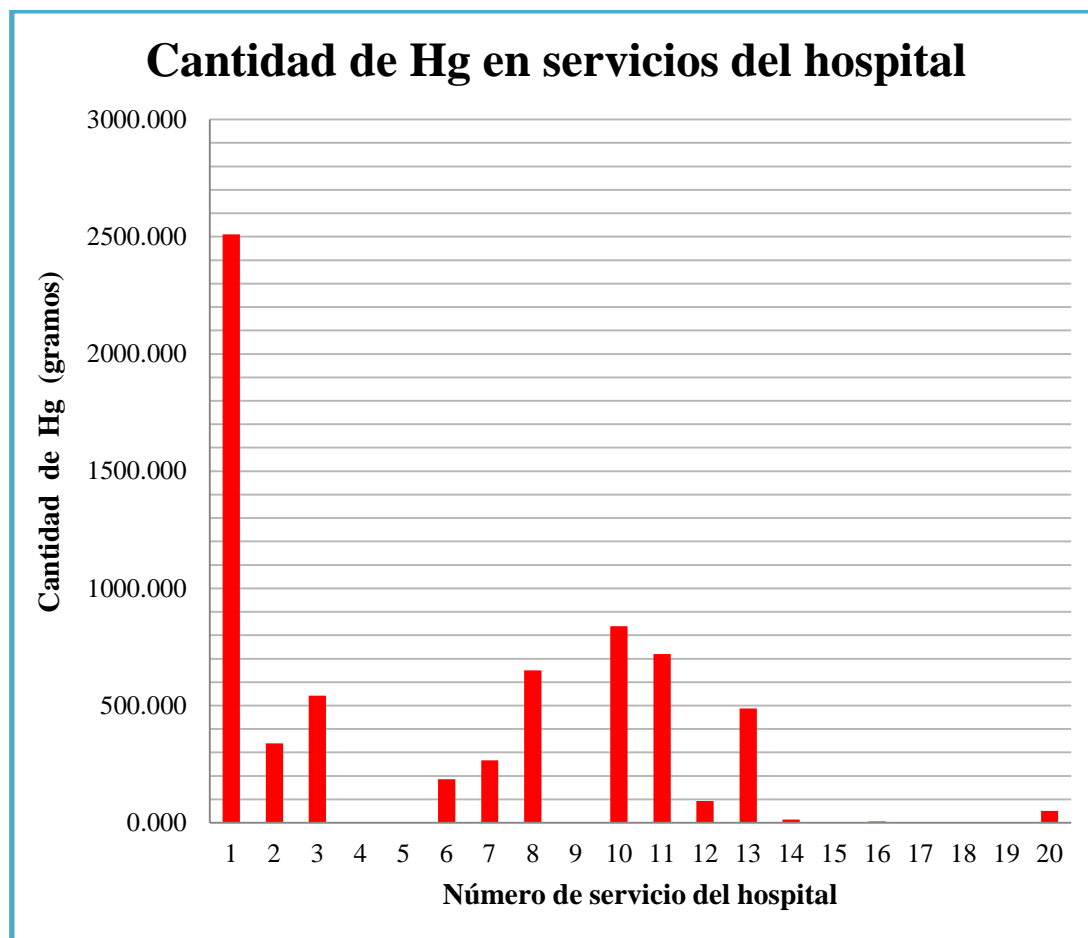
Fuente: Datos obtenidos en el estudio

Gráfico # 1. Carga de mercurio que aportan los insumos y equipos hospitalarios



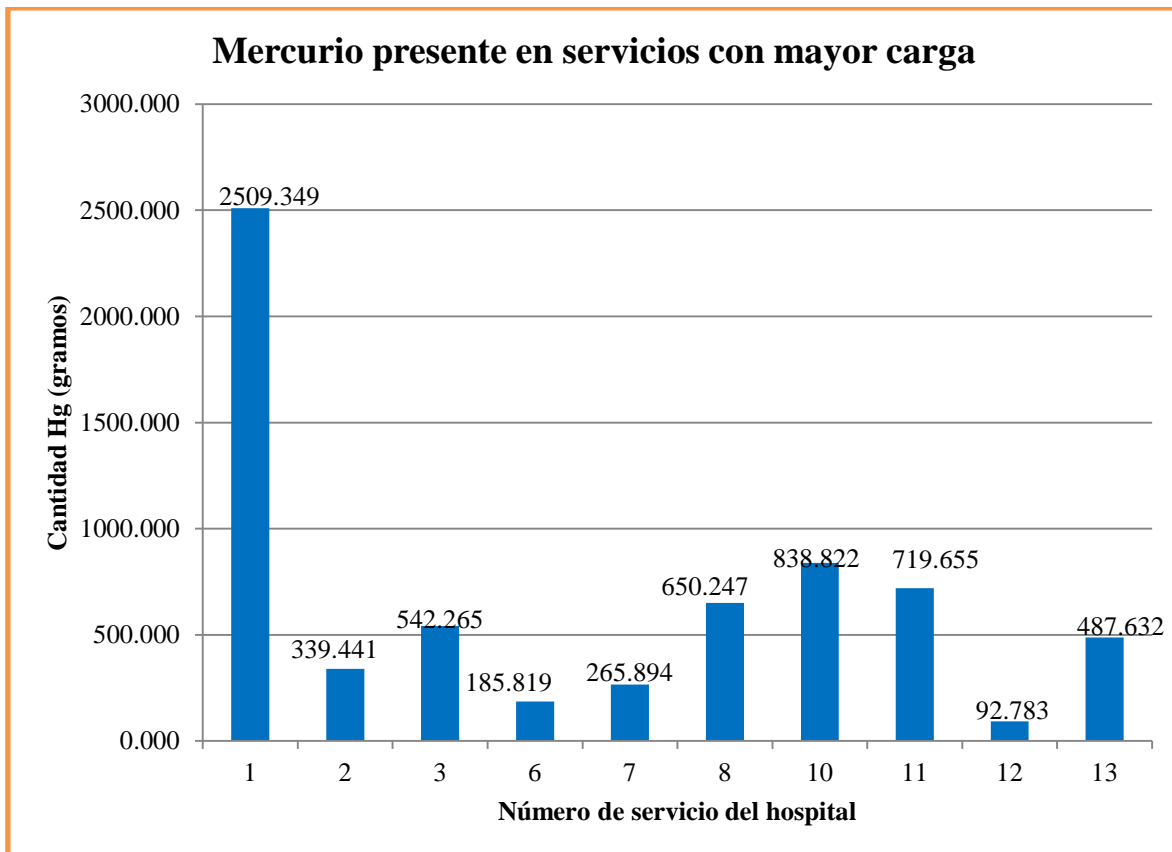
Cuadro # 5. Cuantificación de mercurio metálico en los servicios
del hospital de estudio

No. de servicio	Servicio	Hg en gramos	% del Total	% Acumulativo
1	Torre nivel (5,6,7)	2509.349	37.41%	37.41%
2	Planta alta (2o. Nivel) + Informática	339.441	5.06%	42.47%
3	Planta central (1er. Nivel) + Suministros y enfermería	542.265	8.08%	50.55%
4	Planta baja (pasillos, bodega, vestidores, jardín, comedor)	0.779	0.01%	50.57%
5	Sótanos	0.108	0.00%	50.57%
6	Servicios auxiliares	185.819	2.77%	53.34%
7	Mantenimiento	265.894	3.96%	57.30%
8	Farmacia (central y bodega)	650.247	9.69%	67.00%
9	Áreas externas (Lobbys)	0.234	0.00%	67.00%
10	Consulta externa	838.822	12.51%	79.50%
11	Emergencia (con suministros)	719.655	10.73%	90.23%
12	Intensivo	92.78288	1.38%	91.62%
13	Recuperación	487.63163	7.27%	98.89%
14	Sala de Operaciones	14.18029	0.21%	99.10%
15	Dietética y Lab. alimentación parenteral	0.37701	0.01%	99.10%
16	Terapia respiratoria	6.000	0.09%	99.19%
17	Cateterismo	2.300	0.03%	99.23%
18	Radiología	0.713	0.01%	99.24%
19	Caja	0.288	0.00%	99.24%
20	Lab. Clínico	50.856	0.76%	100.00%
	TOTAL	6707.741	100.00%	100.00%
Fuente: Datos obtenidos en el estudio				

Gráfico # 2. Cantidad de mercurio presente en todos los servicios del hospital

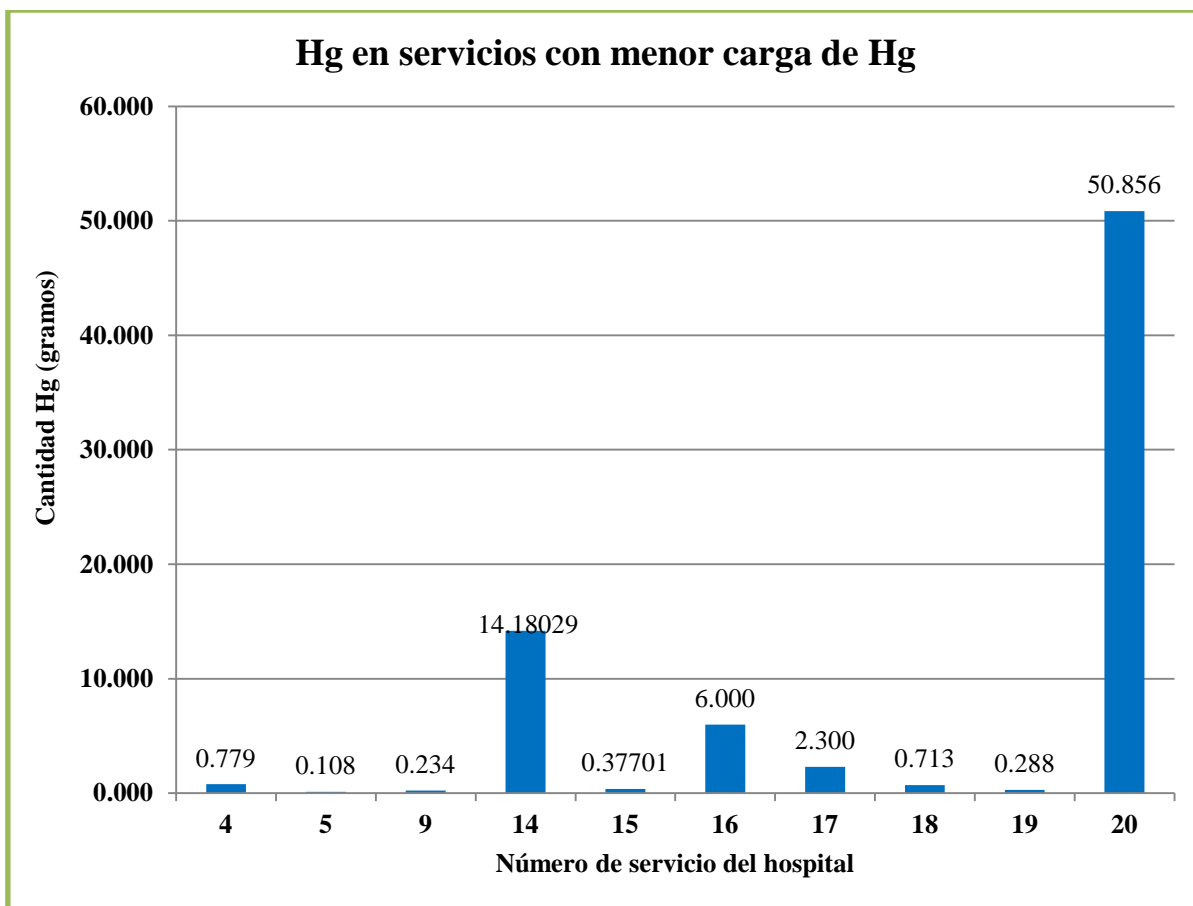
Nota: los números que identifican los servicios del hospital se detallan en el cuadro # 5, en su totalidad son 20 servicios. El servicio **1** corresponde a Torre (niveles 5-7); el **2** corresponde a planta alta + informática; el **3** a Planta central + suministros y enfermería; el **4** a Planta baja; el **5** a Sótanos; el **6** a Servicios auxiliares; el **7** a Mantenimiento; el **8** a Farmacia; el **9** a Lobbys; el **10** a Consulta Externa, el **11** a Emergencias; el **12** a Intensivo; el **13** a Recuperación; el **14** a Sala de Operaciones; el **15** a Dietética y lab. de alimentación parenteral; el **16** a Terapia Respiratoria; el **17** a Cateterismo; el **18** a Radiología; el **19** a Servicios de Caja; y el **20** a Laboratorio clínico.

Gráfico # 3. Cantidad (gramos) de mercurio metálico en servicios del hospital con mayor carga del metal



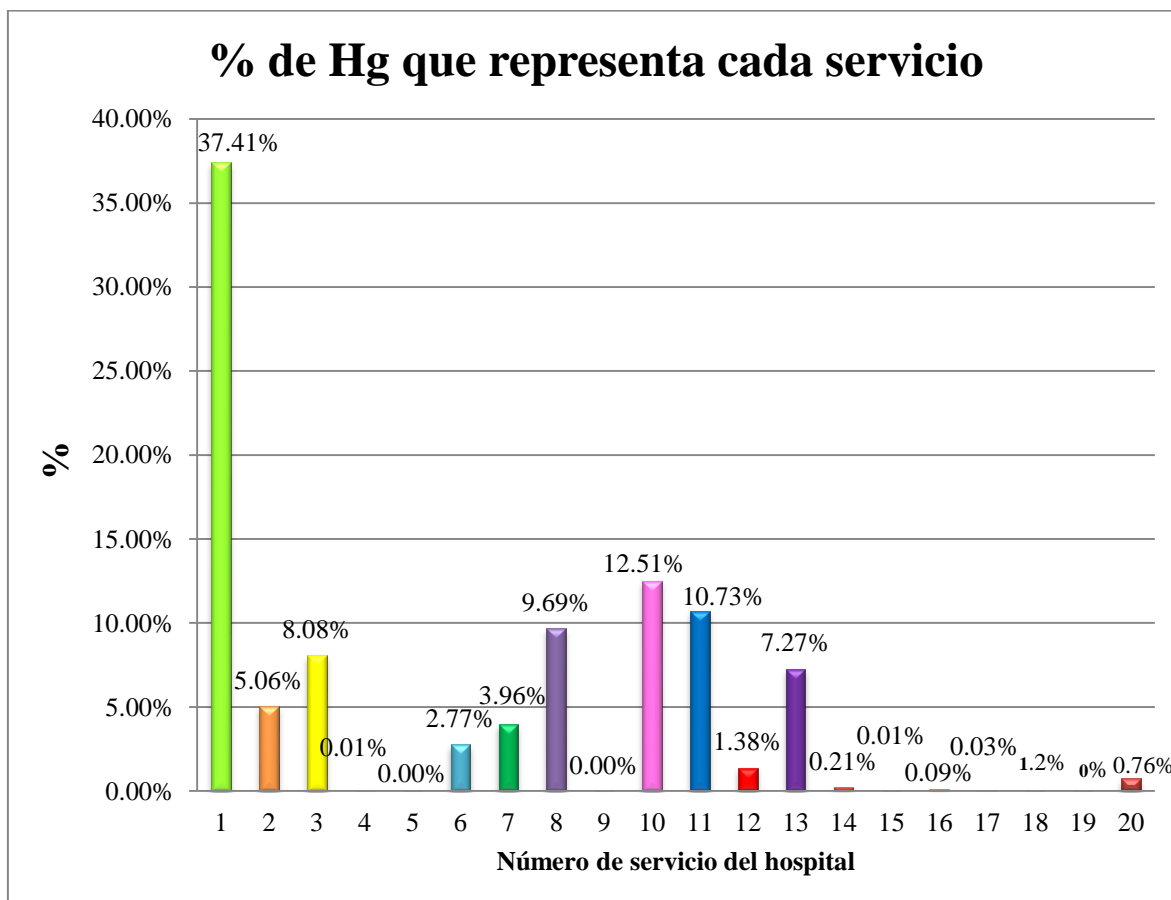
Nota: en este gráfico se representan los 10 servicios con mayor cantidad de mercurio, que corresponden al gráfico # 2. Los números identifican a los servicios según como indica el cuadro # 5. El servicio 1 corresponde a Torre (niveles 5-7); el 2 corresponde a planta alta + informática; el 3 a Planta central + suministros y enfermería; el 6 a Servicios auxiliares; el 7 a Mantenimiento; el 8 a Farmacia; el 10 a Consulta Externa, el 11 a Emergencias; el 12 a Intensivo; y el 13 a Recuperación.

Gráfico # 4. Cantidad de mercurio metálico en gramos en los servicios del hospital con menor carga del metal



Nota: en este gráfico se representan los 10 servicios con menor cantidad de mercurio, que corresponden al gráfico # 2. Los números identifican a los servicios según como indica el cuadro # 5. El servicio **4** corresponde a Planta baja; el **5** a Sótanos; el **9** a Lobbys; el **14** a Sala de Operaciones; el **15** a Dietética y laboratorio de alimentación parenteral; el **16** a Terapia Respiratoria; el **17** a Cateterismo; el **18** a Radiología; el **19** a Servicios de Caja; y el **20** a Laboratorio clínico.

Gráfico # 5. Porcentaje de la carga de mercurio metálico presente según los servicios del hospital



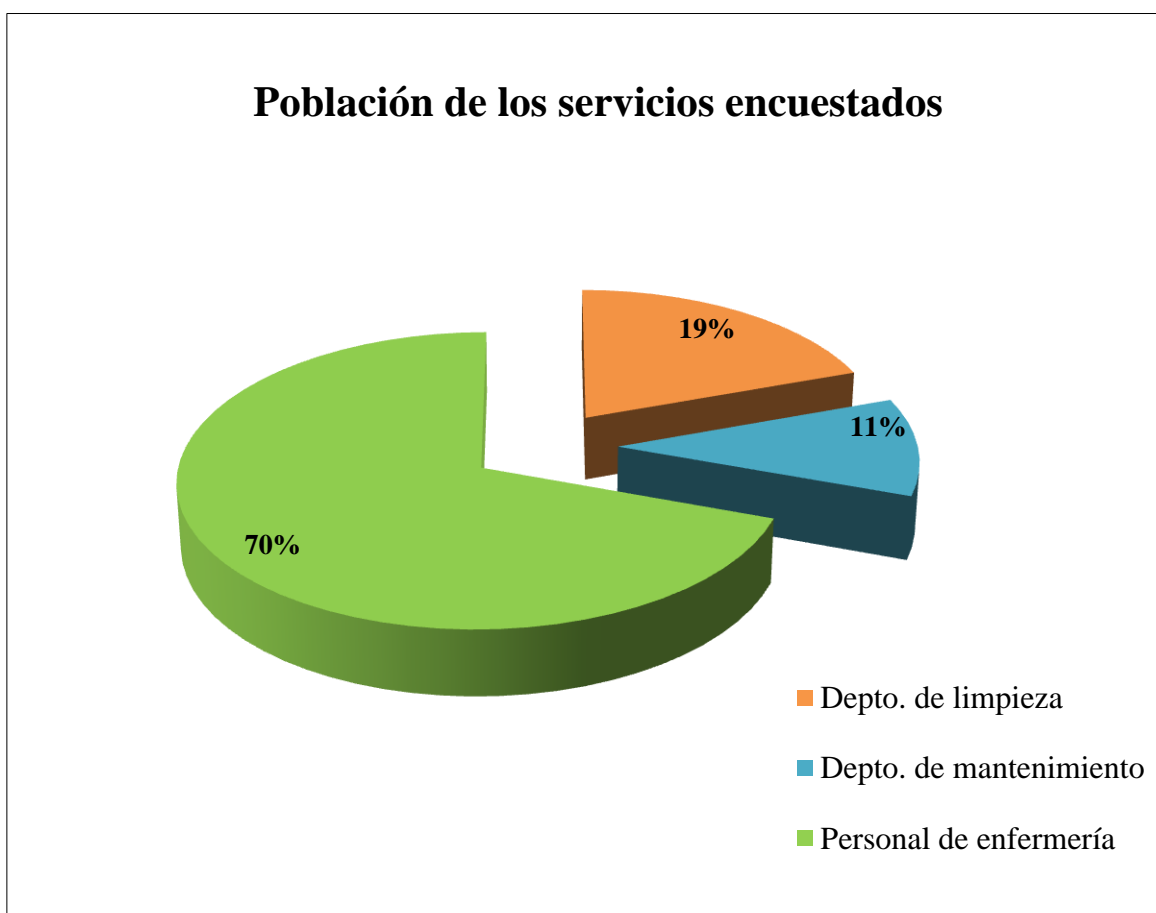
Nota: los números de servicio identifica los servicios del hospital, tal como se detalla en el cuadro # 5. El servicio 1 corresponde a Torre (niveles 5-7); el 2 corresponde a planta alta + informática; el 3 a Planta central + suministros y enfermería; el 4 a Planta baja; el 5 a Sótanos; el 6 a Servicios auxiliares; el 7 a Mantenimiento; el 8 a Farmacia; el 9 a Lobbys; el 10 a Consulta Externa, el 11 a Emergencias; el 12 a Intensivo; el 13 a Recuperación; el 14 a Sala de Operaciones; el 15 a Dietética y lab. de alimentación parenteral; el 16 a Terapia Respiratoria; el 17 a Cateterismo; el 18 a Radiología; el 19 a Servicios de Caja; y el 20 a Laboratorio clínico.

Cuadro # 6. Poblaciones del personal encuestado de los distintos servicios del hospital de estudio

Servicio	Cantidad	% del total	% acumulado
Depto. de limpieza	9	19.6%	19.6%
Depto. de mantenimiento	5	10.9%	30.4%
Personal de enfermería	32	69.6%	100.0%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

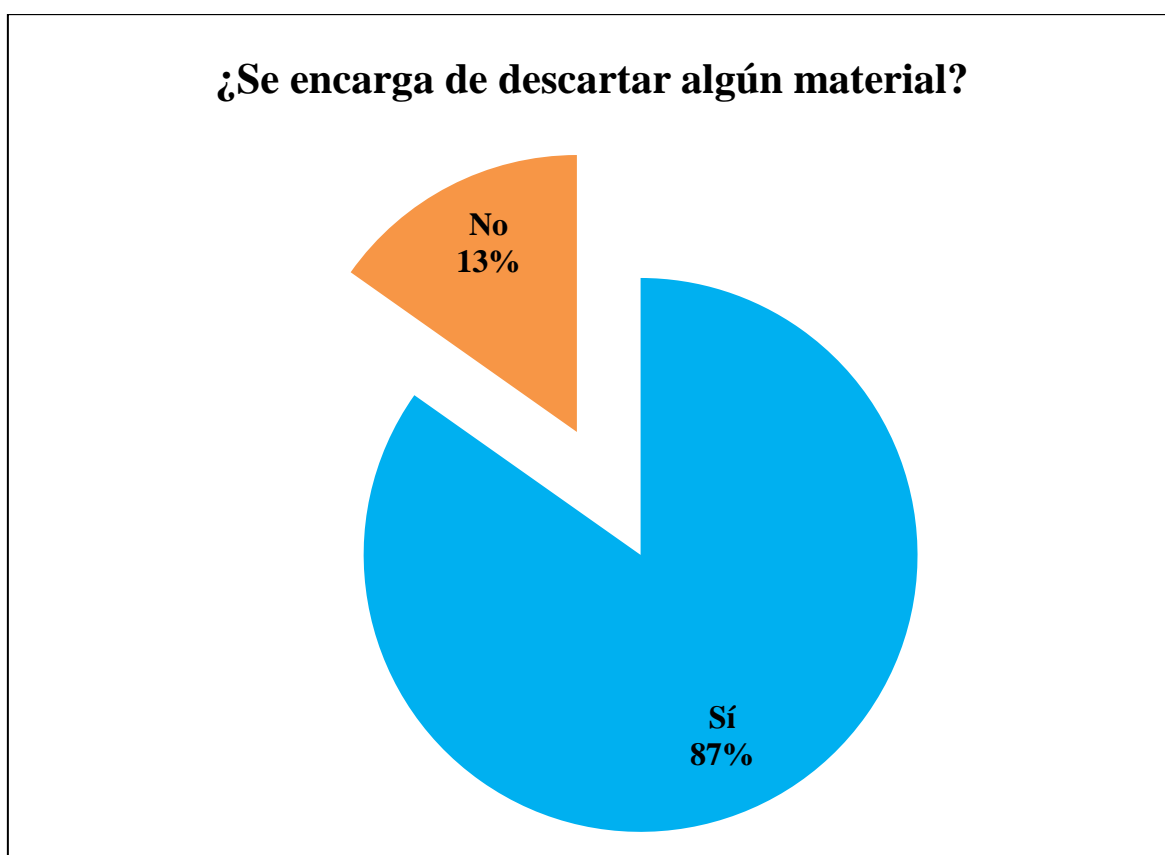
Gráfico # 6. Poblaciones del personal encuestado de los distintos servicios del hospital de estudio



Cuadro # 7. ¿Se encarga de descartar algún tipo de material o insumo?

Servicio	Sí	No
Depto. de limpieza	6	3
Depto. de mantenimiento	5	0
Personal de enfermería	29	3
Sumatorias	40	6
% del total	86.9%	14.1%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

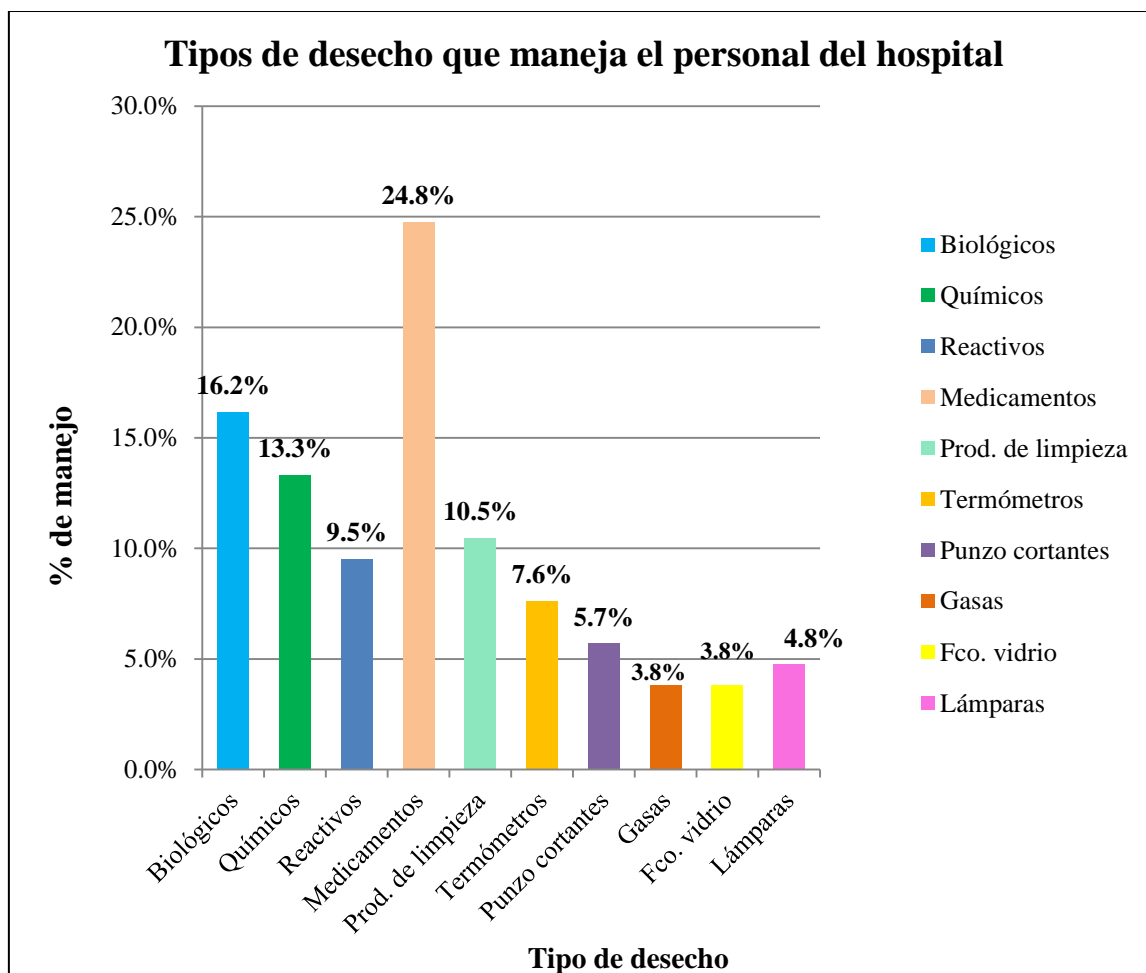
Gráfico # 7. ¿Se encarga de descartar algún tipo de material o insumo?

Cuadro # 8. Respuestas a la pregunta 3 del anexo 2: ¿qué tipo de desechos manipula?

Servicio	Tipo de desecho						Otros				
	Biológicos	Químicos	Reactivos	Medicamentos	Prod. de limpieza	Termómetros	Punzo cortantes	Gasas	Frasco Vidrio	Lámparas	
Depto. de limpieza	2	0	1	0	5	2	0	0	0	0	
Depto. de mantenimiento	5	5	5	1	0	0	0	0	0	5	
Personal de enfermería	10	9	4	25	6	6	6	4	4	0	
Sumatoria encuestados	17	14	10	26	11	8	6	4	4	5	
Total	105										
% del total	16.2%	13.3%	9.5%	24.8%	10.5%	7.6%	5.7%	3.8%	3.8%	4.8%	

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

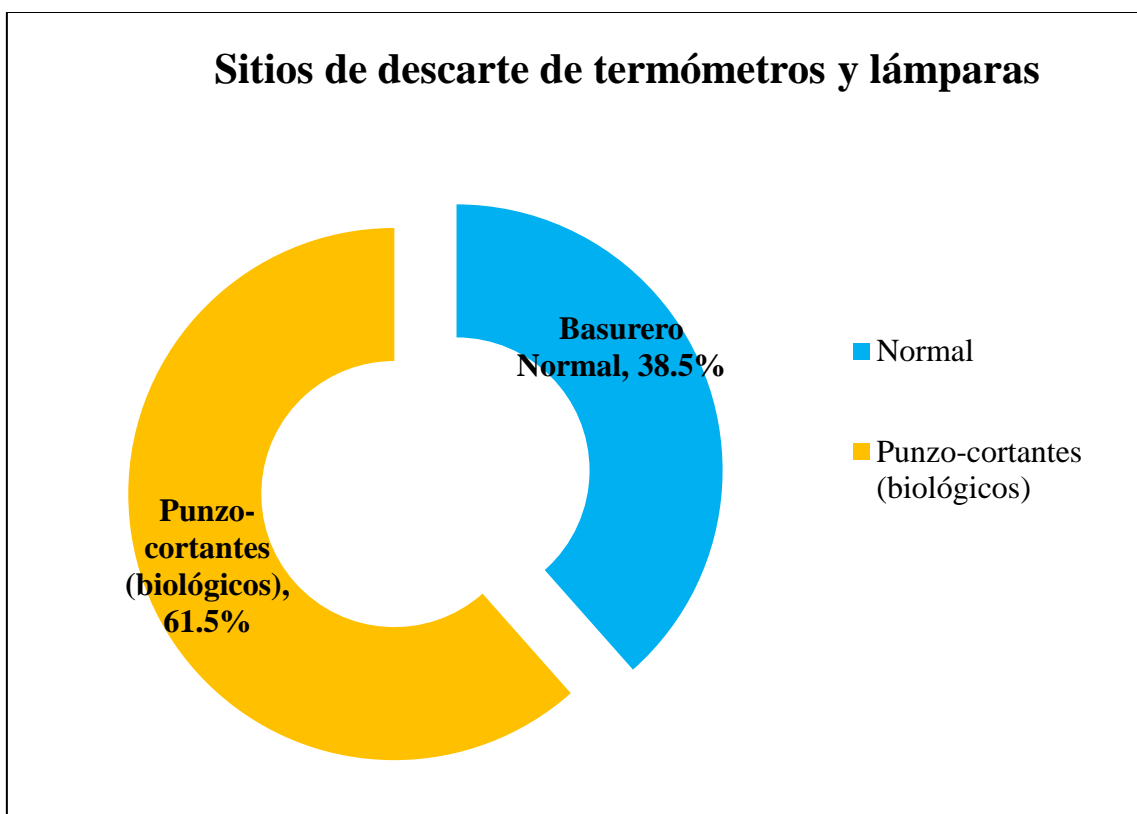
Gráfico # 8. Respuestas a la pregunta 3 del anexo 2: ¿qué tipo de desechos manipula?



Cuadro # 9. ¿Dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros?

Servicio/ Tipo de basurero	Normal	Punzo-cortantes (biológicos)
Depto. de limpieza		2
Depto. de mantenimiento	5	0
Personal de enfermería		6
Sumatoria encuestados	5	8
Total		13
% del total	38.5%	61.5%

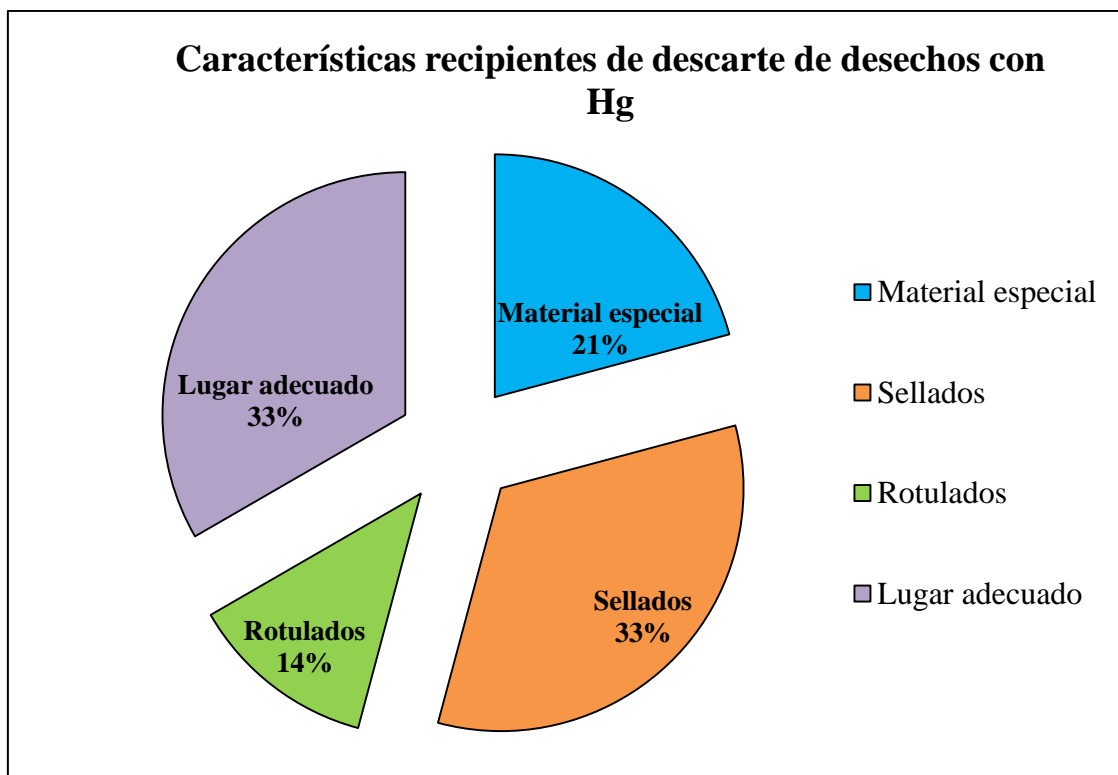
Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 9. ¿Dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros?

Cuadro # 10. ¿Qué características poseen los recipientes de descarte?

Servicio/ Tipo de basurero)	Material especial	Sellados	Rotulados	Lugar adecuado
Depto. de limpieza	2	1	2	2
Depto. de mantenimiento		4		3
Personal de enfermería	3	3	1	3
Sumatoria encuestados	5	8	3	8
Total			24	
% del total	20.8%	33.3%	12.5%	33.3%

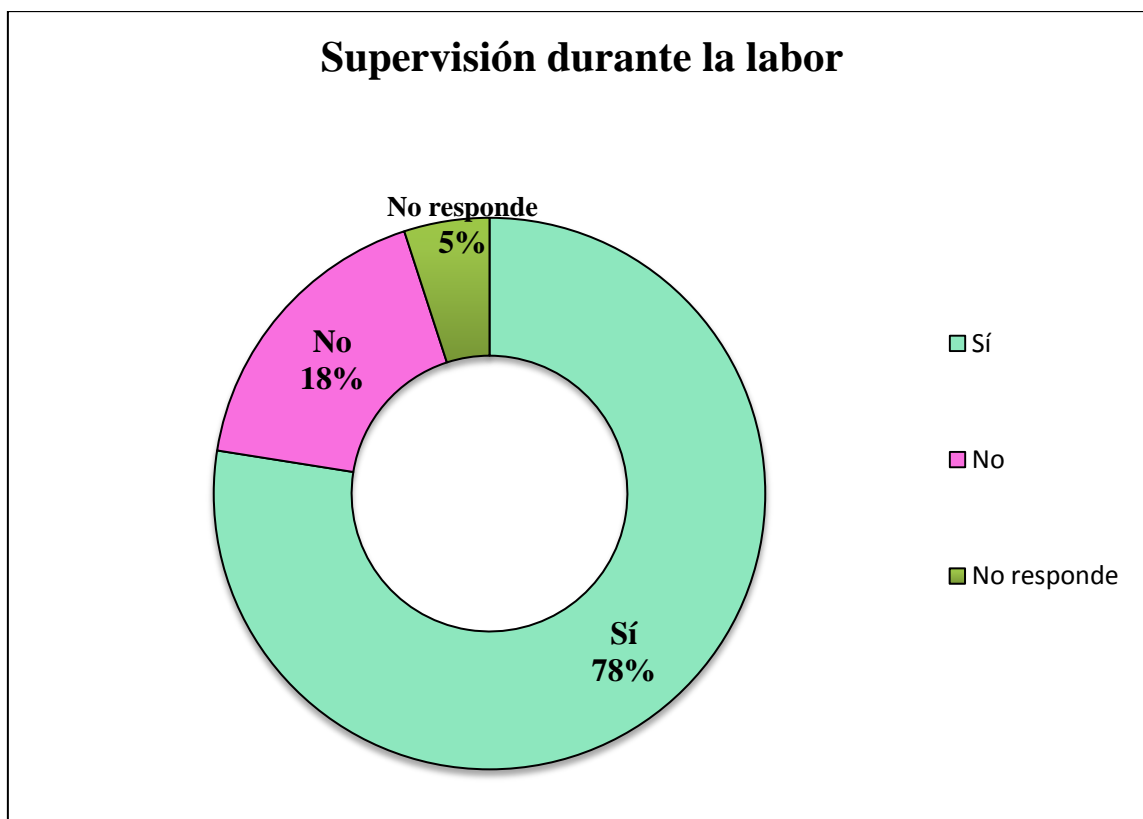
Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 10. ¿Qué características poseen los recipientes de descarte?

Cuadro # 11. ¿Existe supervisión durante su labor?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	6	0	0
Depto. de mantenimiento	1	4	0
Personal de enfermería	24	3	2
Sumatorias	31	7	2
Total	40		
% del total	77.5%	17.5%	5.0%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

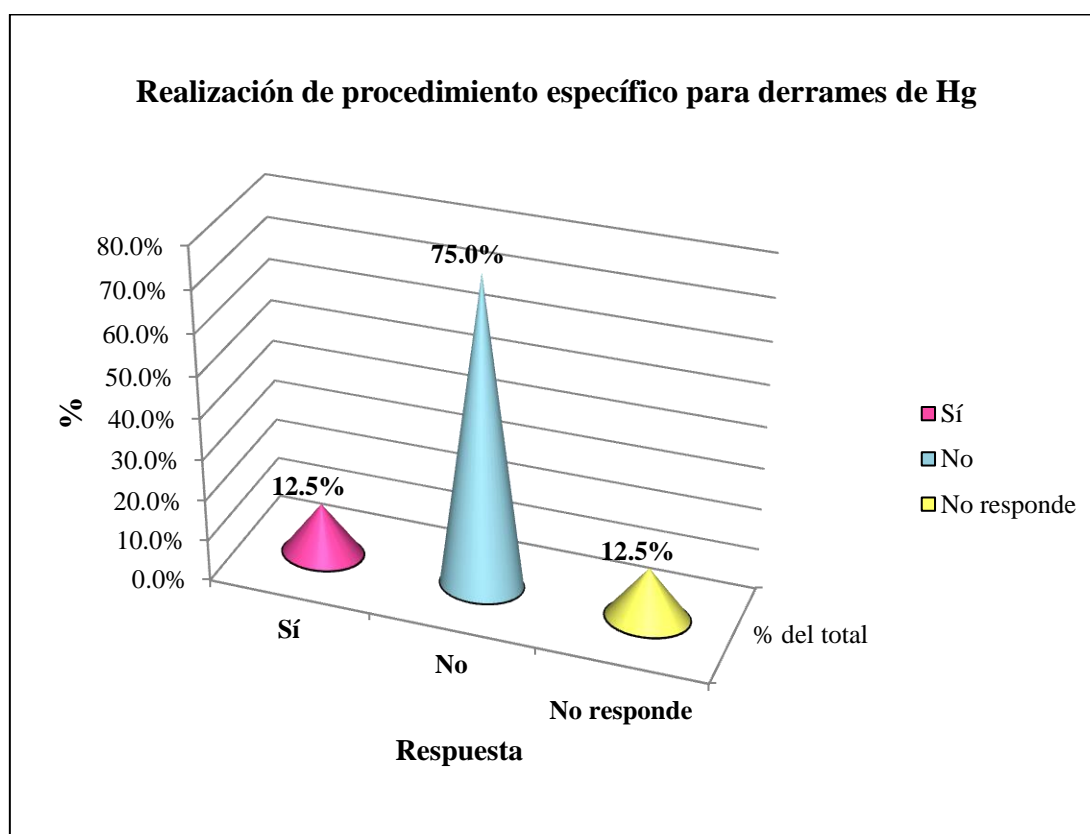
Gráfico # 11. ¿Existe supervisión durante su labor?

Cuadro # 12. ¿Realiza algún procedimiento especial para desechos de insumos y equipo que contienen mercurio?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	0	6	0
Depto. de mantenimiento	0	5	0
Personal de enfermería	5	19	5
Sumatorias	5	30	5
Total		40	
% del total	12.5%	75.0%	12.5%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 12. ¿Realiza algún procedimiento especial para desechos de insumos y equipo que contienen mercurio?

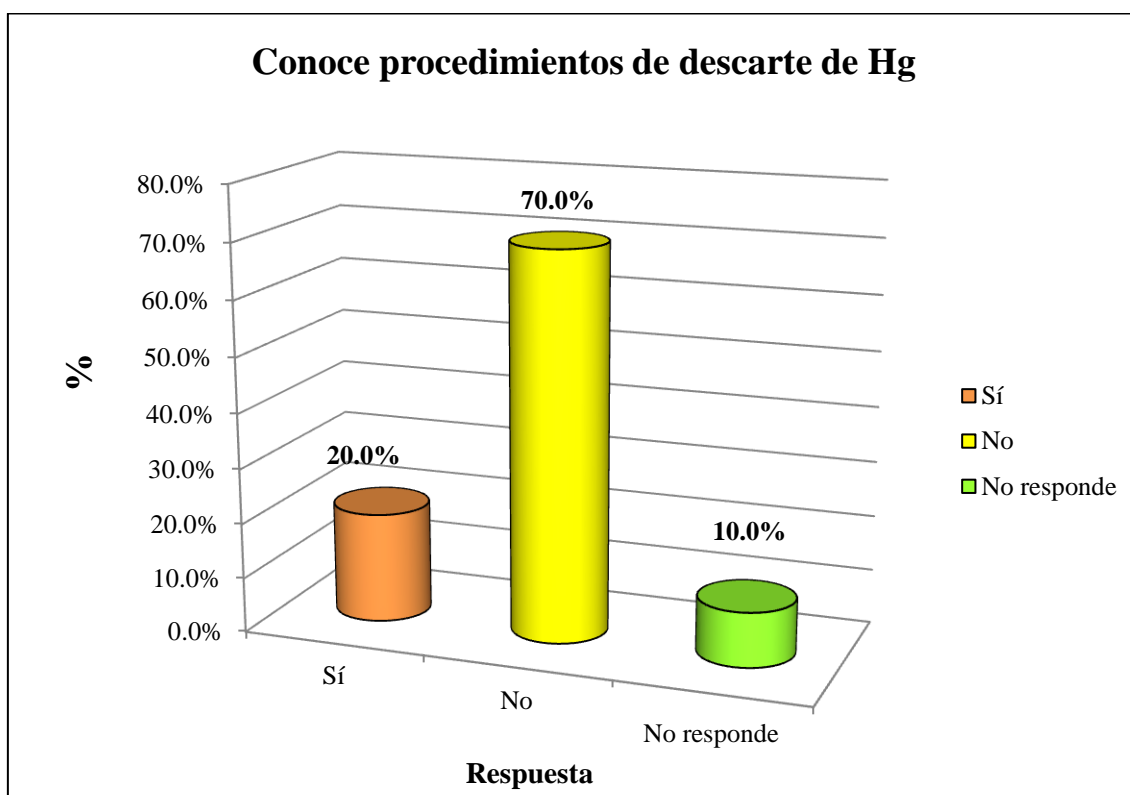


Cuadro # 13. ¿Conoce algún procedimiento en caso de rotura de algún insumo o derrame de mercurio?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	0	6	0
Depto. de mantenimiento	1	4	0
Personal de enfermería	7	18	4
Sumatorias	8	28	4
Total		40	
% del total	20.0%	70.0%	10.0%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 13. ¿Conoce algún procedimiento en caso de rotura de algún insumo o derrame de mercurio?

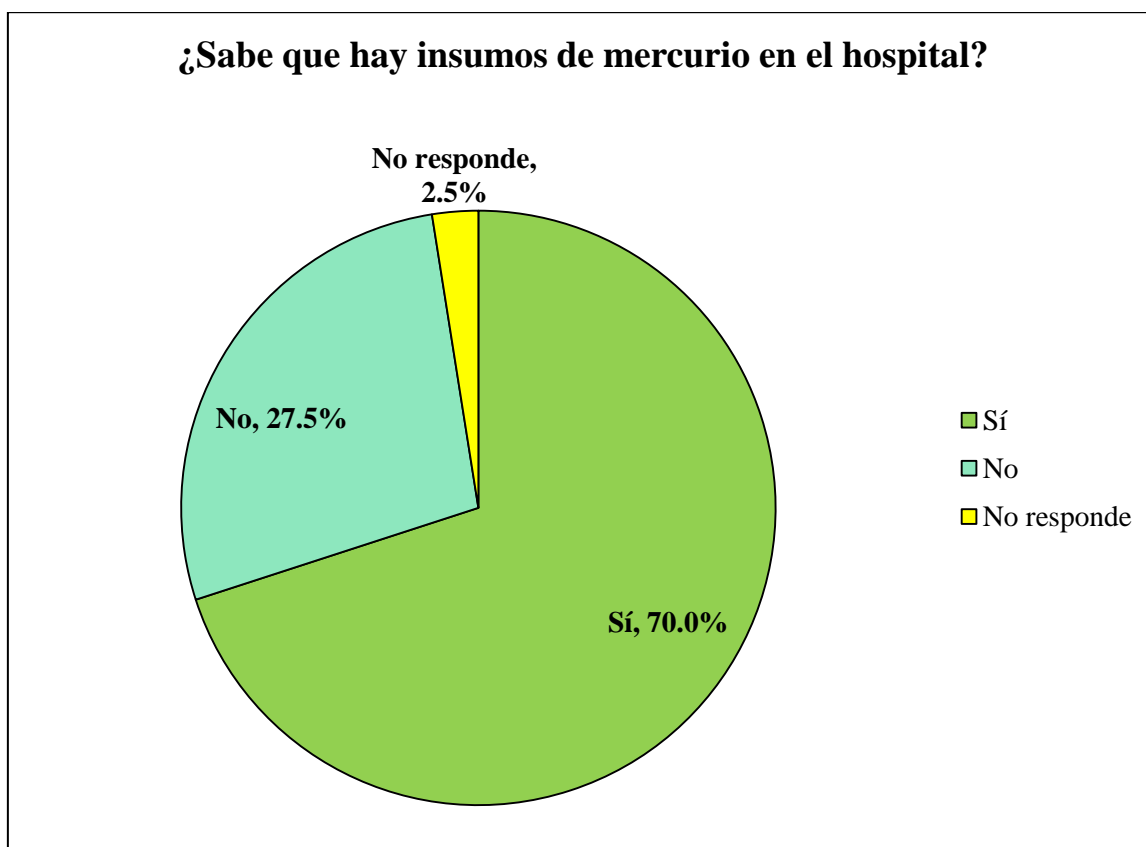


Cuadro # 14. ¿Sabe que algunos de los insumos y equipos hospitalarios contienen mercurio?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	1	5	0
Depto. de mantenimiento	5	0	0
Personal de enfermería	22	6	1
Sumatorias	28	11	1
Total		40	
% del total	70.0%	27.5%	2.5%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

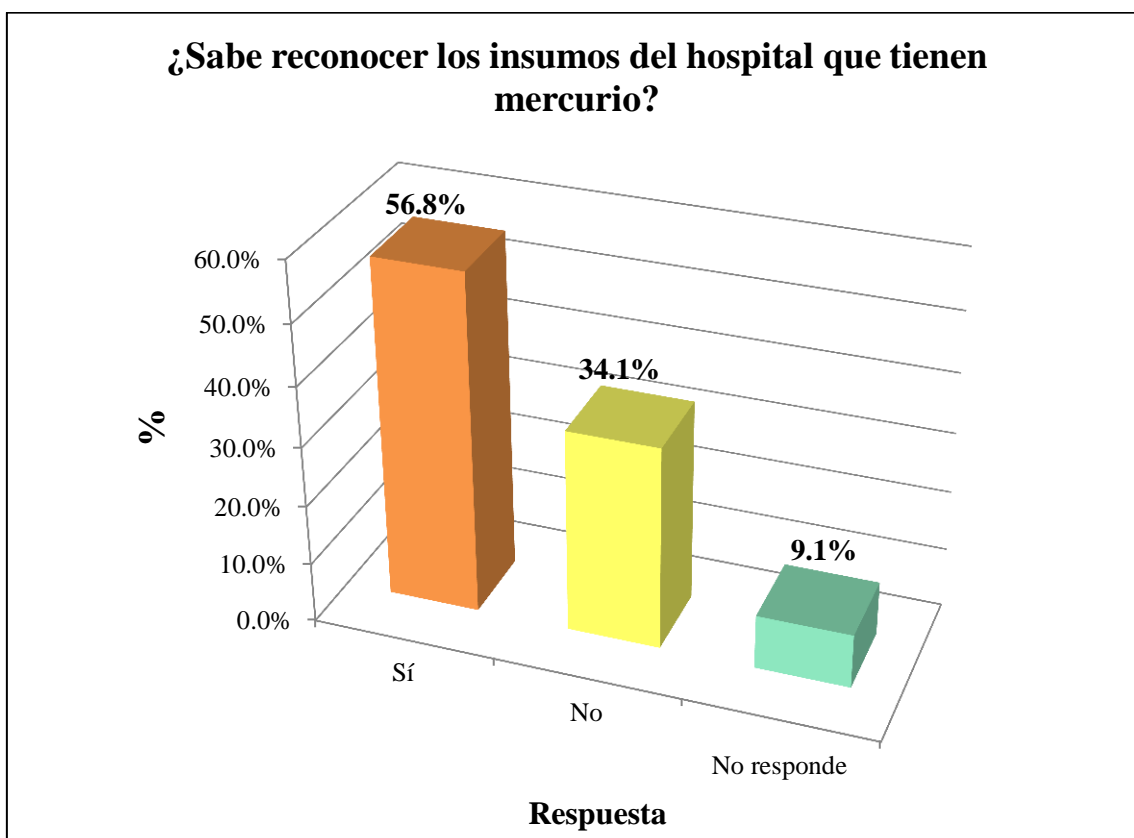
Gráfico # 14. ¿Sabe que algunos de los insumos y equipos hospitalarios contienen mercurio?



Cuadro # 15. ¿Sabe reconocer estos los insumos con mercurio?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	1	5	0
Depto. de mantenimiento	5	0	0
Personal de enfermería	19	10	4
Sumatorias	25	15	4
Total	44		
% del total	56.8%	34.1%	9.1%

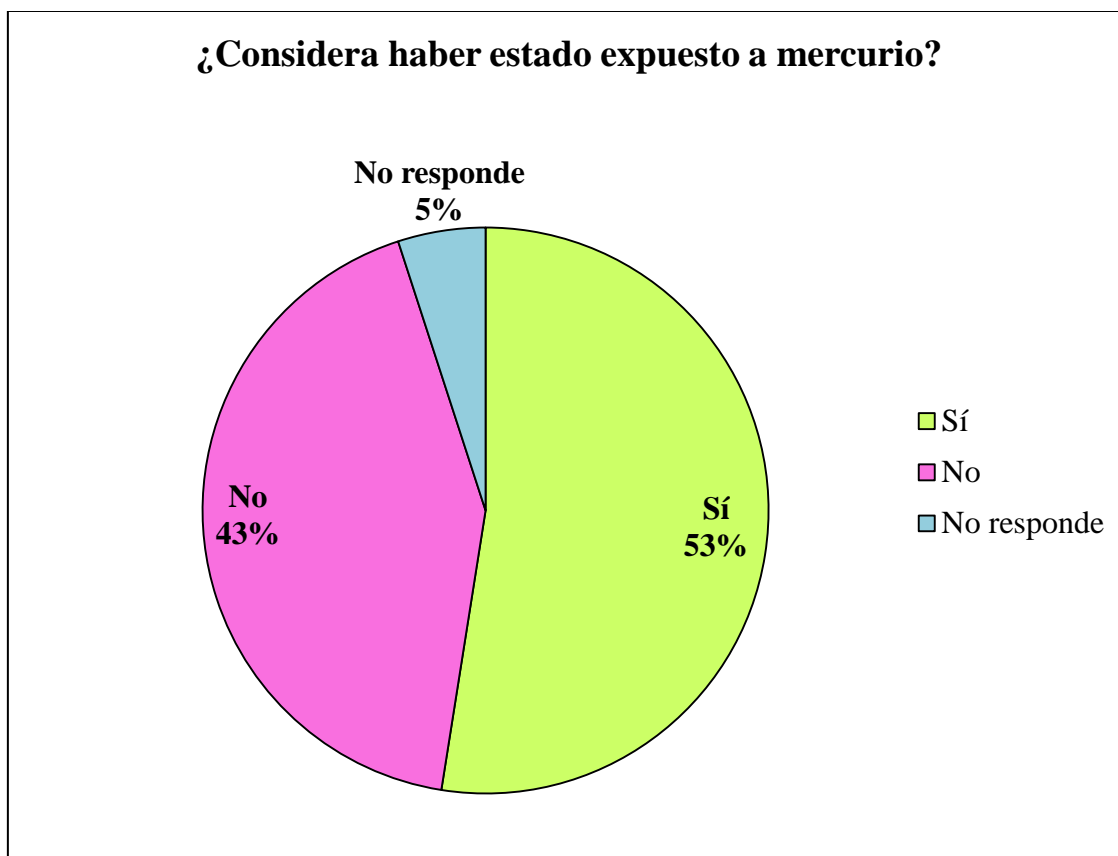
Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 15. ¿Sabe reconocer estos insumos con mercurio?

Cuadro # 16. ¿Considera haber estado expuesto a los desechos de mercurio?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	1	5	0
Depto. de mantenimiento	5	0	0
Personal de enfermería	15	12	2
Sumatorias	21	17	2
Total	40		
% del total	52.5%	42.5%	5.0%

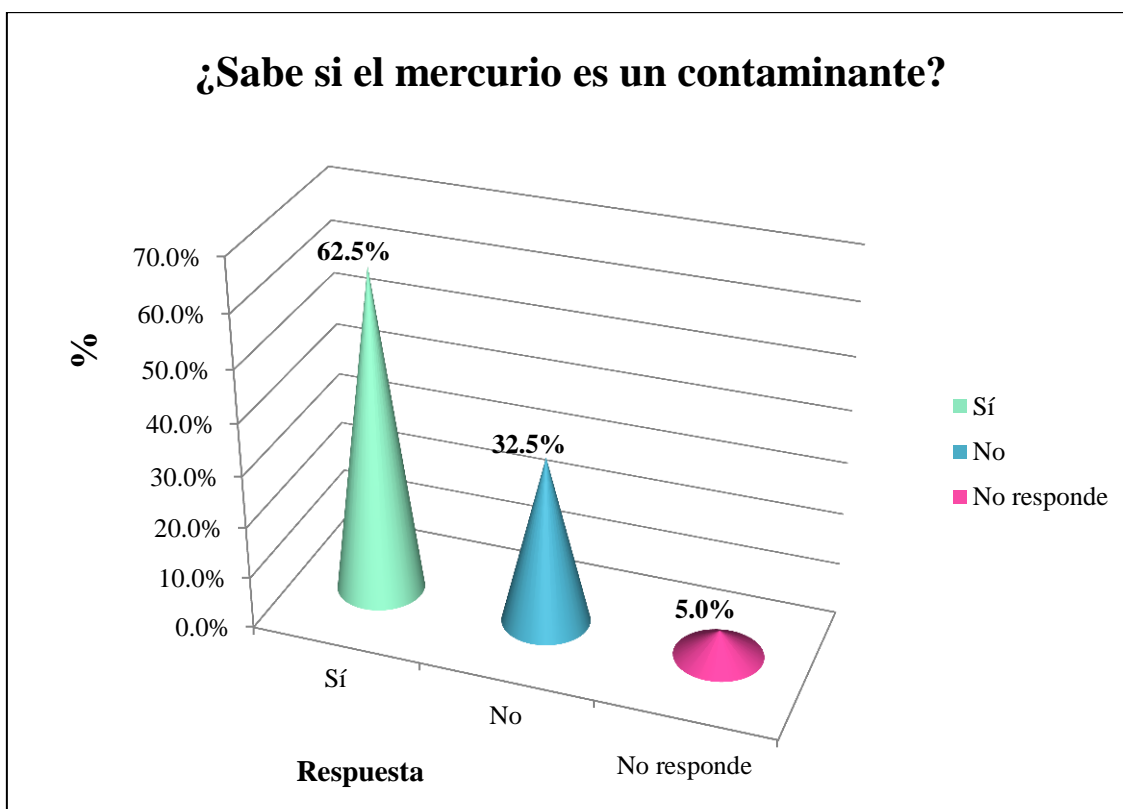
Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 16. ¿Considera haber estado expuesto a los desechos de mercurio?

Cuadro # 17. ¿Sabe si el mercurio es contaminante y capaz de afectar su salud?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	2	4	0
Depto. de mantenimiento	3	2	0
Personal de enfermería	20	7	2
Sumatorias	25	13	2
Total		40	
% del total	62.5%	32.5%	5.0%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

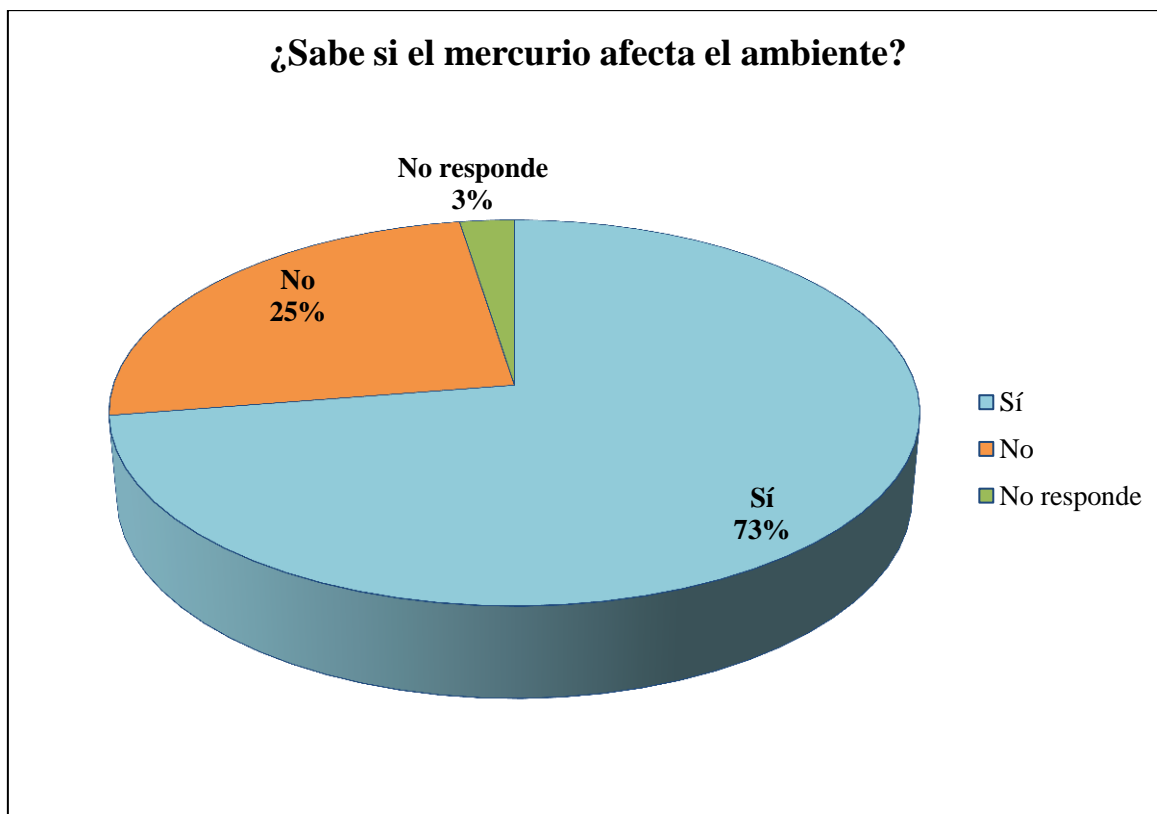
Gráfico # 17. ¿Sabe si el mercurio es contaminante y capaz de afectar su salud?

Cuadro # 18. ¿Sabe si los desechos de mercurio son capaces de afectar el ambiente?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	2	4	0
Depto. de mantenimiento	3	2	0
Personal de enfermería	24	4	1
Sumatorias	29	10	1
Total	40		
% del total	72.5%	25.0%	2.5%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 18. ¿Sabe si los desechos de mercurio son capaces de afectar el ambiente?



Cuadro # 19. Características observacionales respecto al uniforme laboral de los trabajadores encuestados

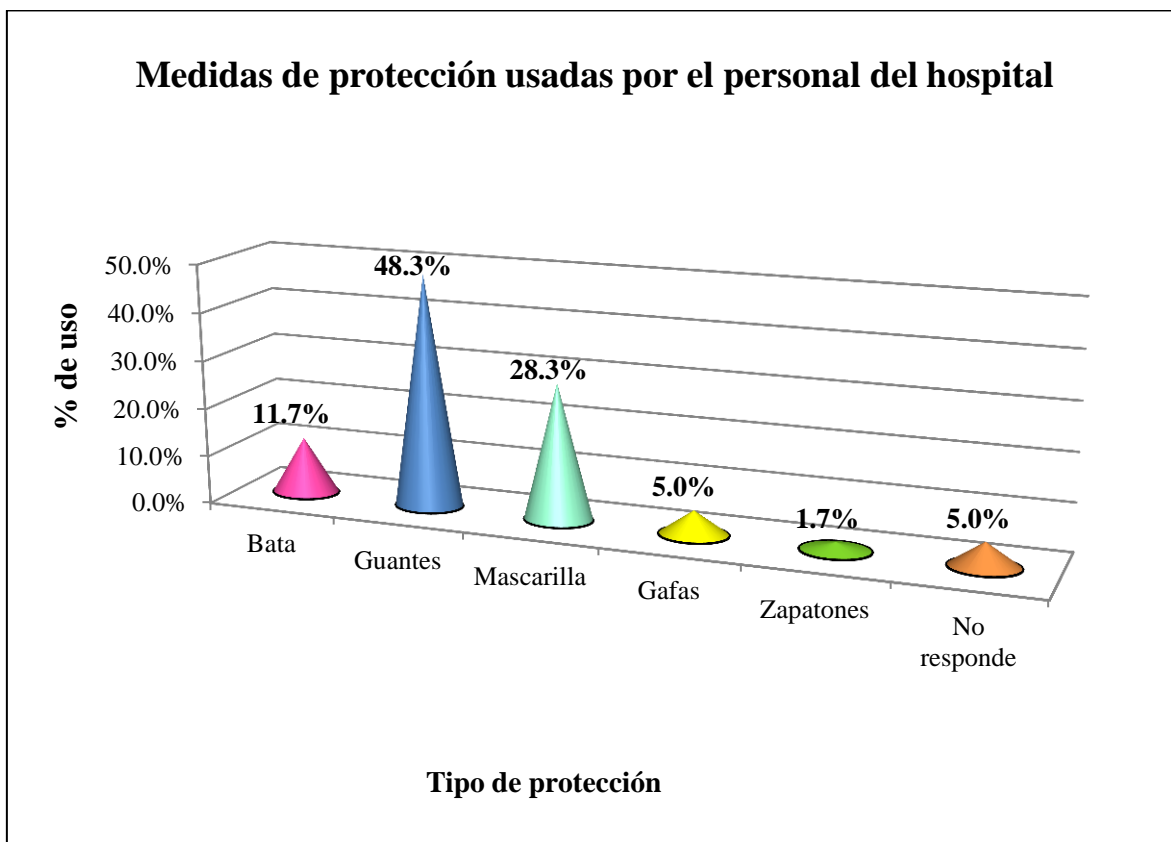
Servicio	Vestimenta	Mascarilla	Cofia	Zapatos cerrados sin tacón	Joyas
Enfermería	Uniforme con bolsas en la playera.	Sólo según paciente	No	Sí	Aretes
Limpieza	Uniforme con bolsas en la playera.	Sólo según paciente	Sí	Sí	Aretes
Mantenimiento	Uniforme con bolsa en pantalón	No	No	Sí	No usan

Fuente: datos obtenidos en el estudio

Cuadro # 20. ¿Utiliza protección física durante su labor diaria?

Servicio	Bata	Guantes	Mascarilla	Gafas	Zapatones	No responde
Depto. de limpieza	3	6	6	0	0	0
Depto. de mantenimiento	1	3	1	3	0	0
Personal de enfermería	3	20	10	0	1	3
Sumatorias	7	29	17	3	1	3
Total				60		
% del total	11.7%	48.3%	28.3%	5.0%	1.7%	5.0%

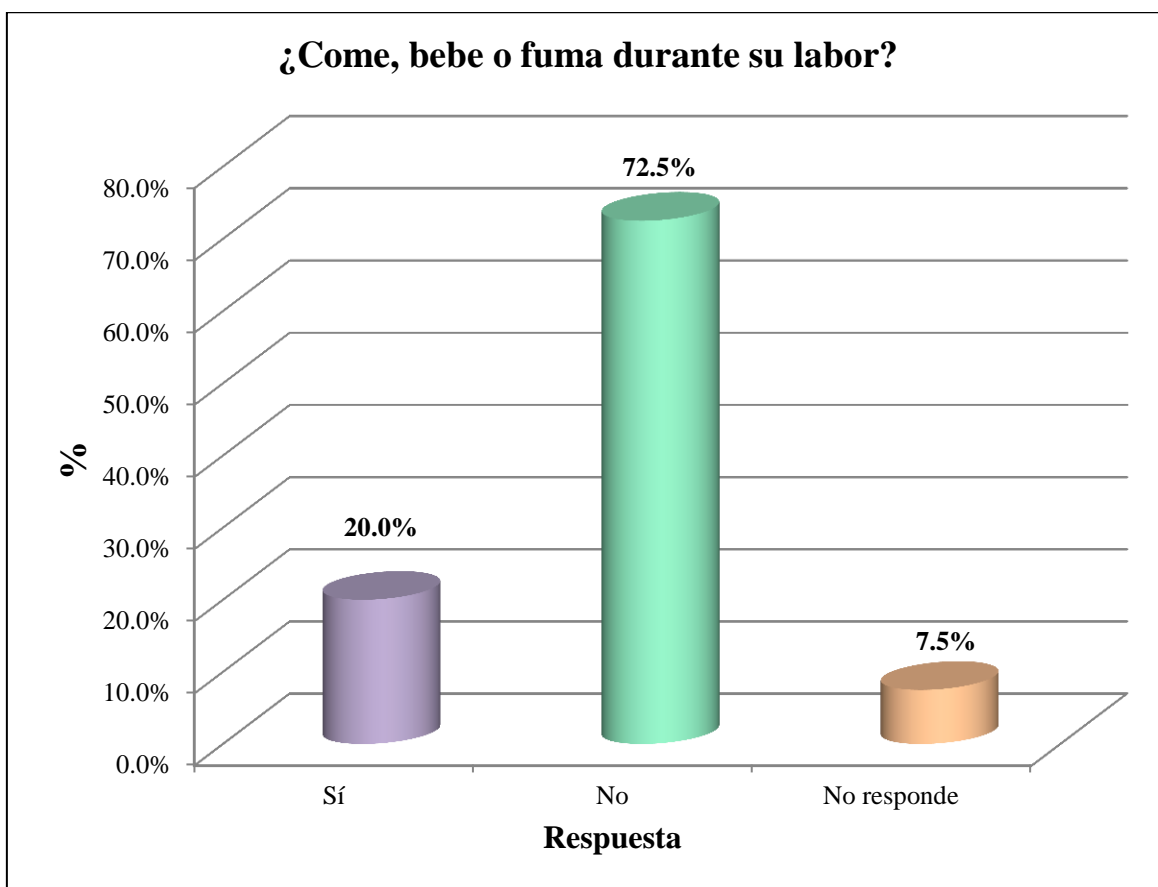
Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 19. ¿Utiliza protección física durante su labor diaria?**Cuadro # 21.** ¿Realiza actividades como comer, beber y/o fumar durante su labor?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	1	5	0
Depto. de mantenimiento	1	4	0
Personal de enfermería	6	20	3
Sumatorias	8	29	3
Total		40	
% del total	20.0%	72.5%	7.5%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 20. ¿Realiza actividades como comer, beber y/o fumar durante su labor?

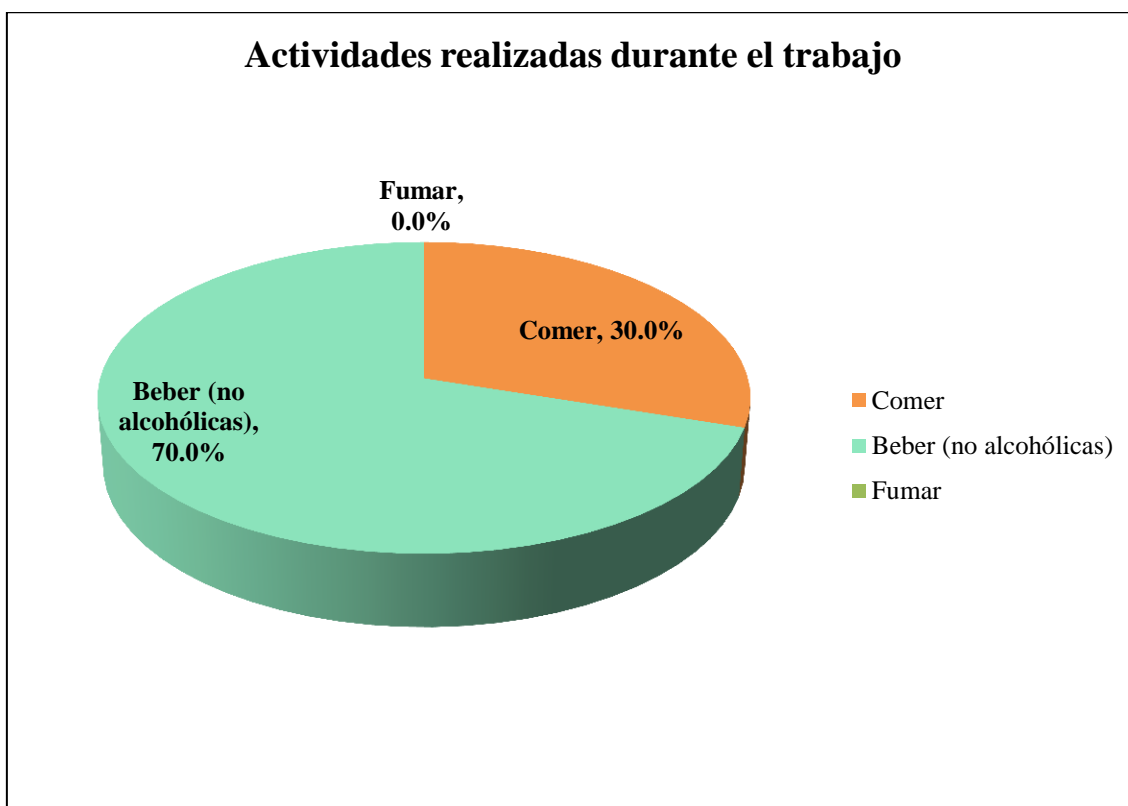


Cuadro # 22. Actividades que realizan durante la labor respecto a las personas que respondieron sí a la pregunta 16.

Servicio	Comer	Beber	Fumar
Depto. de limpieza	0	1	0
Depto. de mantenimiento	0	1	0
Personal de enfermería	3	5	0
Sumatorias	3	7	0
Total		10	
% del total	30.0%	70.0%	0.0%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 21. Actividades que realizan durante la labor respecto a las personas que respondieron sí a la pregunta 16.

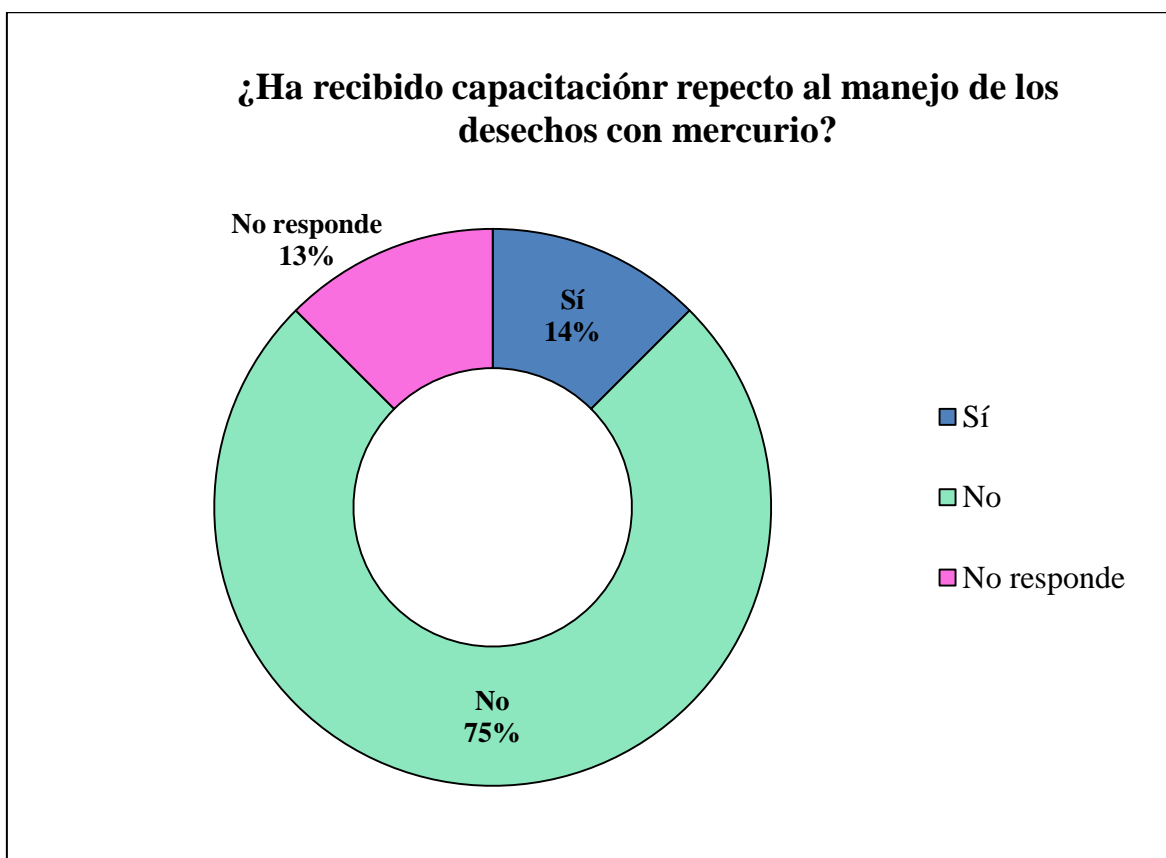


Cuadro # 23. ¿Ha recibido capacitación para el manejo de desechos con mercurio?

Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	2	4	0
Depto. de mantenimiento	1	4	0
Personal de enfermería	2	22	5
Sumatorias	5	30	5
Total		40	
% del total	12.5%	75.0%	12.5%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

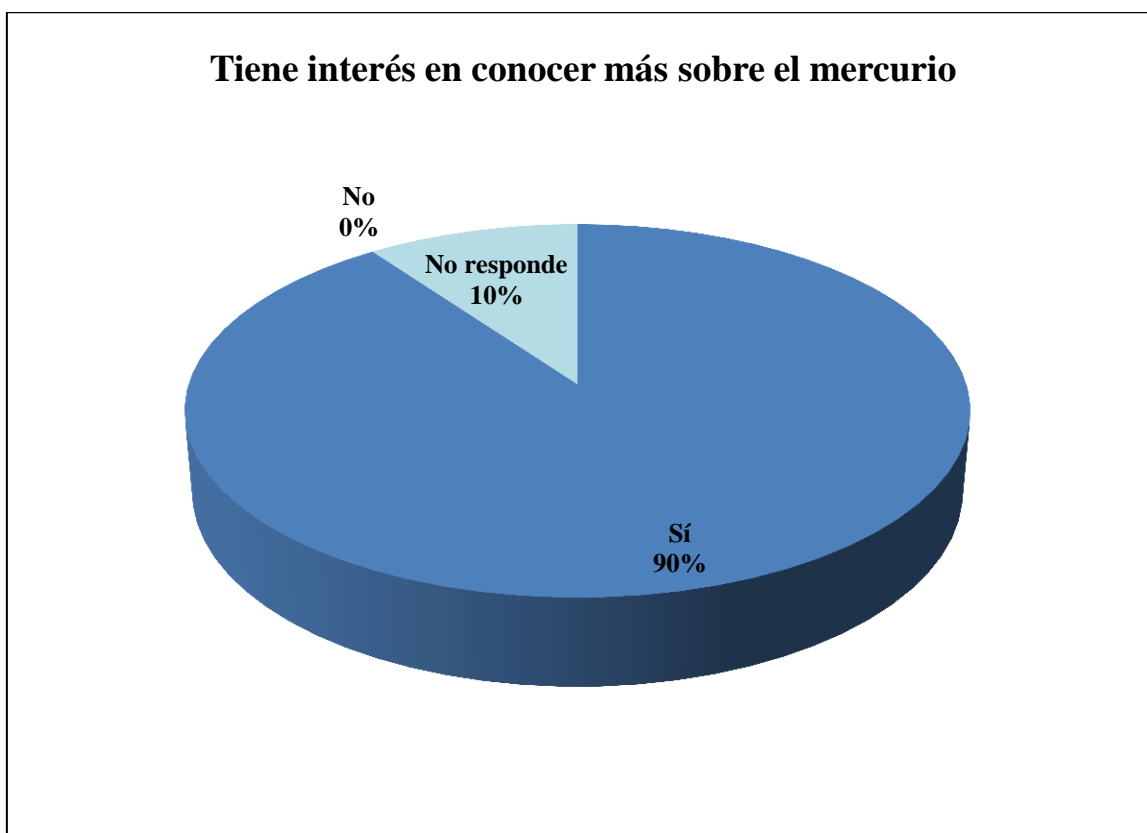
Gráfico # 22. ¿Ha recibido capacitación para el manejo de desechos con mercurio?



Cuadro # 24. ¿Está interesado en recibir mayor información sobre el mercurio?

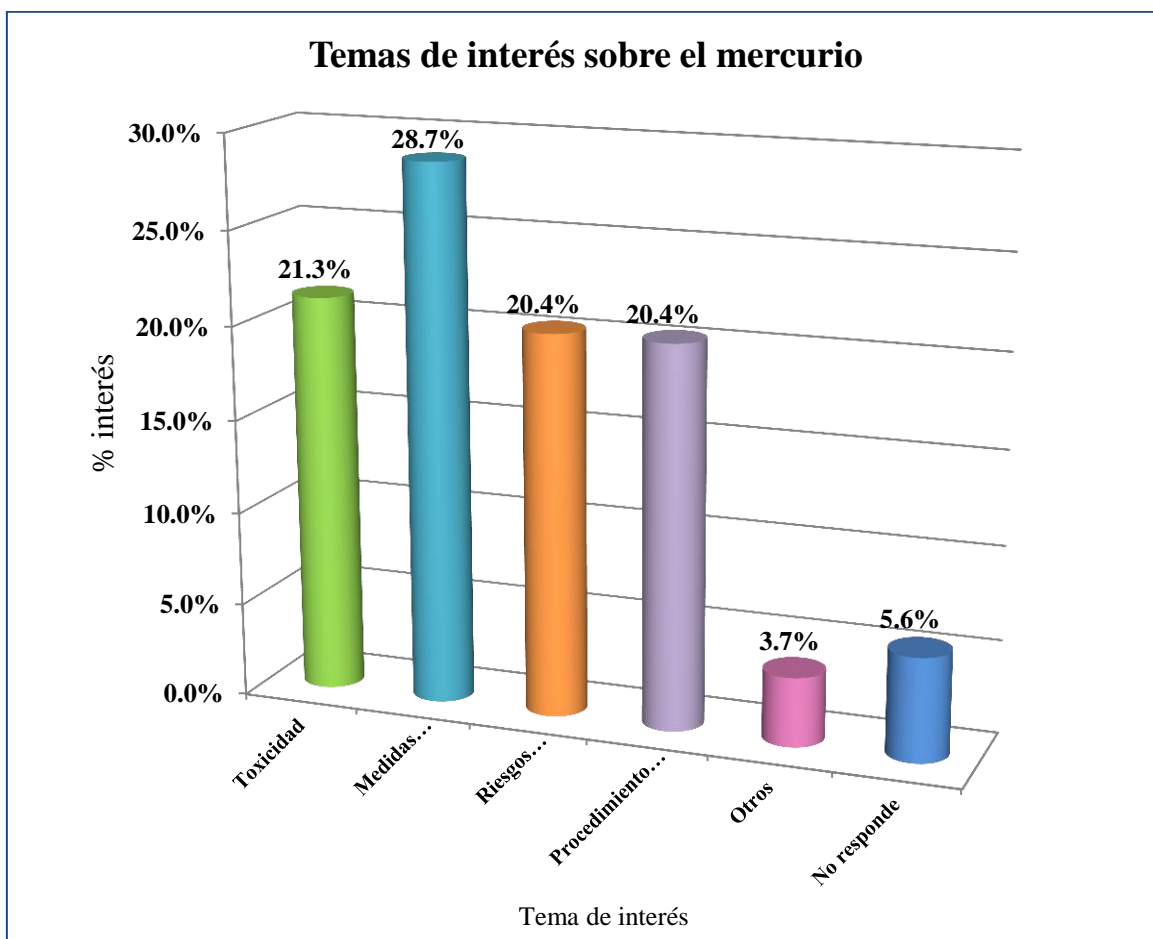
Servicio	Sí	No	No responde
Depto. de limpieza	6	0	0
Depto. de mantenimiento	5	0	0
Personal de enfermería	25	0	4
Sumatorias	36	0	4
Total		40	
% del total	90.0%	0.0%	10.0%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Gráfico # 23. ¿Está interesado en recibir mayor información sobre el mercurio?**Cuadro # 25.** ¿Qué temas de interés tiene respecto al mercurio?

Servicio	Toxicidad	Medidas seguridad	Riesgos exposición	Procedimiento de descarte	Otros	No responde
Depto. de limpieza	6	6	6	6	0	0
Depto. de mantenimiento	5	5	5	5	4	
Personal de enfermería	12	20	11	11		6
Sumatorias	23	31	22	22	4	6
Total				108		
% del total	21.3%	28.7%	20.4%	20.4%	3.7%	5.6%

Fuente: datos obtenidos en la encuesta

Cuadro # 24. Temas de interés respecto al mercurio**Cuadro # 26.** Compra de termómetros mensual y anualmente

Servicio	Cantidad mensual	Cantidad anual
Farmacia	829	9948
Servicios auxiliares	500	6000
Sumatoria	1329	15948
Carga de Hg (gramos)	664.5	7,974.0

Fuente: datos obtenidos en el estudio

Cuadro # 27. Compra de lámparas trimestral y anualmente

Tipo de lámpara	Cantidad trimestral	Gramos Hg en c/lámpara	Cantidad anual	Gramos Hg en c/lámpara
Tubos fluorescentes 48 pulg.	100	0.622500	400	2.490000
Fluorescentes en U	25	0.155625	100	0.622500
Fluorescentes de 24 pulg.	25	0.155625	100	0.622500
Compactas (ahorradoras)	200	1.245000	800	4.980000
TOTAL	2.178750			8.715000

Fuente: datos obtenidos en el estudio

Cuadro # 28. Compra de mercurio total en el hospital anualmente

Insumo	Cantidad anual (Hg en gramos)
Termómetros	7,974.00
Lámparas	8.715
Total	7,982.715

Fuente: datos obtenidos en el estudio

Cuadro # 29. Comparación carga de mercurio en el hospital según la cantidad determinada en este estudio y estudio del año 2008

Estudio	Cantidad de Hg en gramos
Actual	6707.74
Anterior	4251.70
% de aumento	58%

Fuente: datos obtenidos en este estudio y Contreras, J. (4)

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo la cuantificación de mercurio metálico en un hospital de la Ciudad de Guatemala; en este caso, del Hospital Centro Médico. Además, se determinó el riesgo que involucra la carga de dicho metal en el hospital y el manejo de sus desechos.

El riesgo potencial puede afectar de forma directa al personal (de enfermería, mantenimiento y limpieza) o a los pacientes; y de forma indirecta puede afectar al ambiente. El riesgo que implica cuando el mercurio es liberado al ambiente es que no permanece solamente en el lugar de desecho, sino que se esparce en forma de vapor a la atmósfera, llegando a lugares más lejanos. Afecta a los ecosistemas, contaminando aguas, suelos o causando intoxicaciones a los animales (biomagnificación) y/o habitantes del lugar.

Para la cuantificación del mercurio metálico se utilizó la tabla *Toolkit* del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). La carga total de mercurio se determinó mediante la contabilización de insumos y equipo hospitalario que contiene dicho metal, sabiendo a través de la herramienta del PNUMA (Anexo 3), la cantidad estimada de mercurio que contiene cada uno. Asimismo, el anexo 1: “Encuesta sobre la cantidad de mercurio metálico en un hospital de la ciudad de Guatemala”, se utilizó como herramienta de apoyo para la recolección de datos en la mayor parte de los servicios.

Los datos se recolectaron por servicio (ver cuadros # 1-3). Los servicios fueron 20 en total. La cantidad de mercurio metálico en cada uno se cuantificó y luego se determinó la carga total hospitalaria mediante la sumatoria de todos.

Para el diagnóstico del manejo de los desechos de mercurio y del riesgo potencial de los trabajadores ante una exposición al metal mencionado, se utilizó el instrumento: “Encuesta sobre el manejo de los desechos de mercurio metálico en un hospital de la ciudad de Guatemala”. La encuesta tiene como fin evaluar el

conocimiento del personal respecto al mercurio, si tienen contacto con instrumentos que posean el metal y cómo manejan los desechos.

La cantidad total estimada en el estudio (ver cuadro # 4) fue de 6,707.74g de mercurio metálico, distribuida en instrumentos no clínicos, esfigmomanómetros, termómetros, alumbrado y aparatos interruptores. En el cuadro # 4 y en la gráfica # 1 se puede observar que la mayor fuente de mercurio de todos los instrumentos e insumos hospitalarios son los esfigmomanómetros. La carga de mercurio que aportan los esfigmomanómetros es de 5,427g, siendo un 80.9% del mercurio total cuantificado en el estudio.

Los termómetros son la segunda fuente que aporta mayor cantidad de mercurio en el hospital. Se cuantificó un total de 996.0g de mercurio, siendo un 14.85% del total de Hg en el hospital.

Seguido de estas dos fuentes mayoritarias, se encuentran los instrumentos no clínicos, tal como los manómetros. Los manómetros se encuentran mayoritariamente en el área de mantenimiento. Se determinó una carga total de 158.0g de mercurio (un 2.36% del total).

Por otra parte, el alumbrado, que lo constituyen todos los tubos de luz fluorescente y focos ahorradores dentro del hospital, aportan 12.7g de Hg (un 0.19% del total), lo que se considera bajo respecto a las cantidades de los instrumentos anteriormente mencionados. La poca cantidad se debe a que son miligramos de mercurio lo que contiene cada lámpara o foco; sin embargo, aún cuando la cantidad sea poca en cada uno, en conjunto y en grandes cantidades ya es significativa, en especial cuando se desecha al ambiente.

Los aparatos interruptores, constituidos por baróstatos, aportan 114.0g de Hg, siendo un 1.70% del total.

De los instrumentos mencionados, se considera que los esfigmomanómetros implican el mayor riesgo potencial debido a que son la mayor fuente de dicho metal.

Sin embargo, se considera como mayores fuentes de exposición y contaminación probable, los termómetros y lámparas. Esto se debe a que son sujetos de derrames de mercurio y que tienen contacto constante con el personal. Los termómetros se rompen fácilmente y las lámparas son desechadas por el personal en basureros normales. Las lámparas al descartarlas pueden romperse y liberar el mercurio en forma de polvo y vapor.

Los derrames de mercurio pueden ocasionar intoxicación si la cantidad del metal es significativa o si se está ante una exposición constante. El contacto físico y el manejo son importantes, ya que el Hg puede absorberse por la piel y, especialmente, absorberse vía inhalatoria debido a los vapores que suelta a temperatura ambiente. Es por tanto, importante el uso de un equipo de protección adecuado

La cuantificación de mercurio se realizó según los servicios con los que cuenta el hospital. La cantidad cuantificada en cada uno se observa en el Cuadro # 5 y Gráfico # 2; los porcentajes que representa cada uno se observa en el Gráfico # 5.

El servicio que representa mayor fuente de mercurio es la Torre (se cuantificó 2,509.3g de Hg, un 37.4% del total), que es constituida por las habitaciones privadas de los niveles 5 al 7 del hospital. La elevada cantidad de mercurio se debe principalmente debido a que hay un esfigmomanómetro en cada habitación y uno en el área de enfermería de cada piso. Los diez servicios que aportan mayor carga se observan en el Gráfico # 3, en el cual, además de la Torre se encuentra Consulta externa, Emergencias, Farmacia y Planta alta, entre otros.

En el Gráfico # 4 se observan los otros diez servicios que resultaron ser la menor fuente de mercurio, con cargas de 50g de Hg y menores. Entre estos servicios se encuentra el Laboratorio Clínico, Sala de operaciones, Dietética y Servicios de Caja, siendo este último el de menor carga.

Caja es el servicio que cuenta con menor carga debido a que solamente posee como fuente de mercurio, el alumbrado (lámparas).

Se debe considerar que no se incluyó en el estudio, las áreas completas de Sala de Operaciones debido a que no se tuvo ingreso al área en la que se realizan específicamente las cirugías. Por lo tanto, la carga de mercurio real es en efecto, un tanto mayor a la cuantificada en este estudio por las lámparas y posibles fuentes no clínicas presentes en dicha área.

La encuesta al personal (Anexo II), consistió en 18 preguntas. Se tomó en consideración al personal de limpieza, mantenimiento y enfermería, que son los que se considera que poseen mayor contacto con mercurio y son por lo tanto, los más propensos a una intoxicación. La mayor parte de los encuestados lo conformó el personal de enfermería (69.6%), seguido del personal de limpieza (19.6%) y por último, el personal de mantenimiento (10.9%). En el Gráfico # 6 se puede observar cómo está distribuida la población.

La pregunta 2 (ver Cuadro # 7 y Gráfico # 7) se consideró con el fin de determinar la cantidad de personal que se encarga de un posible manejo de desechos de mercurio. Con esta pregunta, las personas que respondieron que sí se encargaban del descarte de algún tipo de material, fueron las que se tomaron en cuenta para el resto de las preguntas. Del total de la población, se observa que aproximadamente un 85% del personal encuestado realiza esta acción, lo que indica que la mayor parte de ellos se encuentra con posibilidad de estar expuesto a mercurio. En los cuadros # 8, 9 y 10 se observan las respuestas presentadas según el servicio al que pertenece el personal encuestado. De enfermería, un 90% realiza descartes de insumos; de mantenimiento, todos los encuestados (100%) descartan materiales y el personal de limpieza, un 62% descarta material. El resultado del personal de limpieza se debe a que muchos de ellos se encargan solamente de la limpieza de las áreas.

En el Cuadro # 8 se observan los materiales que desecha el personal que respondió que sí se encarga de realizar esta acción. Entre los materiales o insumos, son los medicamentos los que tienden a desechar la mayoría de personas; en especial por el personal de enfermería. Los desechos biológicos fueron también de mayor porcentaje (ver Gráfico # 8). Como se observa en el cuadro, el personal de limpieza se encarga principalmente del descarte de productos de limpieza, sin embargo, sí hay personas que

se encargan de la limpieza de termómetros rotos y que estarían por tanto, ante una exposición de mercurio.

Del personal de mantenimiento, todos se encargan de descartar lámparas, por lo que pueden estar expuestos al polvo de mercurio que éstas contienen.

Del personal de enfermería, hubo cierta cantidad que respondió que se encargan de descartar termómetros. Se cree que existe mayor cantidad (que la determinada) de personal que se encarga de esta acción, ya que la mayoría maneja este instrumento.

El Cuadro # 9 muestra los basureros que utilizan para el descarte de los materiales mencionados en la respuesta anterior. Se observa que la mayoría se descarta en los basureros para punzo-cortantes y de material biológico (los de color rojo); en el Gráfico # 9 se observa que en este tipo de basurero descartan un 61% del total. Cabe notar que las lámparas son todas descartadas por basureros normales.

La mayoría del personal considera que los basureros se encuentran en un lugar adecuado y que se encuentran sellados (ver Cuadro # 10 y Gráfico # 10). Es importante saber esto ya que permite analizar que, si se encuentran en un lugar adecuado y sellados (o cerrados adecuadamente), entonces disminuye el riesgo a la exposición de los desechos de mercurio en caso exista en los mismos.

Otro aspecto positivo es que existe supervisión en los servicios de limpieza y para la mayoría del personal de enfermería (ver Cuadro # 11 y Gráfico # 11). En el departamento de mantenimiento los resultados fueron distintos, lo que requerirá de implementar mayor supervisión.

El hecho que exista supervisión significa que es más fácil que el personal cumpla con sus obligaciones y políticas establecidas para el personal (en especial las de higiene y seguridad). La supervisión es útil ya que serviría en caso se llegara implementar, por ejemplo, un procedimiento para el manejo adecuado de los desechos o para la limpieza de derrames, ya que como se puede ver en el Cuadro # 12 (y Gráfico # 12), la mayor parte del personal (75%) no realiza un procedimiento específico para el descarte de los desechos que contengan mercurio. La respuesta anterior tiene relación

con la número 8 del anexo (Cuadro # 13), según la cual, la mayor parte del personal no conoce de un procedimiento a seguir para el manejo de los desechos de mercurio en caso ocurra algún derrame. Si se lograra ampliar el conocimiento respecto al mercurio, entonces el personal sabría cómo limpiar los derrames y reducir el riesgo a una intoxicación por dicho metal. Al tener este conocimiento, es más fácil aplicarlo e incorporar un procedimiento específico para seguir, siempre con supervisión adecuada.

Los cuadros # 14 y 15 muestran el conocimiento del personal sobre los equipos e insumos del hospital que poseen mercurio. Un 70% respondió que sí sabe de la existencia de éstos; sin embargo, un 57% son los que sí saben reconocer cuáles son. Como se observa en el Cuadro # 15, solamente una persona del personal de limpieza sabe reconocerlos. Estos resultados demuestran de nuevo la falta de conocimiento.

A través de estas preguntas se puede enfatizar la necesidad de ampliar dicho conocimiento del personal mientras se posean este tipo de instrumentos e insumos con el fin de reducir el riesgo a exposiciones y posibles intoxicaciones con mercurio. La sustitución por alternativas libres del metal ayudaría a reducir este riesgo, sin embargo, es necesario mientras tanto, adoptar otras opciones, como informar al personal sobre las medidas de precaución que deben tomar sobre estos instrumentos e insumos.

La exposición a mercurio se puede evitar tomando medidas de seguridad, lo cual es más probable cumplirlas si la persona conoce qué es a lo que se está exponiendo. Más del 50% de la población del personal considera haber estado expuesto al mercurio (ver Cuadro # 16, Gráfico # 16), lo que enfatiza la importancia de implementar procedimientos y medidas de seguridad mientras se realice la sustitución. Probablemente, sea mayor la cantidad de personas que han estado expuestas a desechos de mercurio, pero debido a que muchos no saben reconocer los insumos que lo contienen o incluso reconocer el mercurio, hayan respondido No o incluso no respondieron a la pregunta.

El conocimiento sobre el mercurio que posee el personal se ve reflejado en el Cuadro # 17 y 18 (gráficos # 17 y 18). La mayor parte del personal de limpieza no tiene conocimiento de los daños que puede producir el mercurio tanto para la salud como el impacto ambiental. El personal de mantenimiento, la mayoría sí sabe que es dañino y

capaz de afectar al ambiente, sin embargo, existen personas que desconocen estos aspectos. La mayor parte de enfermeras sí reconocen que es un contaminante de la salud y del ambiente.

El hecho que las personas no reconozcan los daños que ocasiona el mercurio, influye en la importancia que ellos mismos prestan para utilizar equipo de protección o establecer procedimientos para el manejo de los desechos. Siguiendo estas premisas, si se amplía el conocimiento sobre el mercurio respecto al daño que puede hacer en el organismo como de la forma en que se presenta en el ambiente, entonces también se reduciría el daño a una exposición e intoxicación.

El uniforme laboral influye en las medidas de precaución para evitar una exposición. Todo el personal posee uniforme establecido. Se observó que todos los uniformes poseen bolsillos, ya sea en la playera o pantalón. Los bolsillos pueden ocasionar que, al momento que se rompa un termómetro, por ejemplo, la persona lo oculte en él, dejando rastros de mercurio en su vestimenta. Sin embargo, esta acción puede evitarse si la persona sabe las repercusiones y cómo manejar sus desechos.

El personal de enfermería y limpieza utilizan mascarilla (Cuadro # 20, Gráfico 18); sin embargo, sólo es cuando el paciente pueda ocasionarles una infección. La mascarilla podría utilizarse también al momento de limpiar algún derrame de mercurio (sería una mascarilla adecuada para los vapores del metal), debido a que el Hg se absorbe principalmente por la respiración. Asimismo, es necesario el uso de guantes desechables para realizar esta limpieza o manejo de los desechos de mercurio.

El personal de limpieza utiliza guantes de látex para realizar su limpieza; y el personal de enfermería, guantes desechables. Es importante que éstos sean desechables ya que al momento de limpiar el derrame, puede quedar una pequeña cantidad en los mismos; si son desechables se evita que las trazas de mercurio estén expuestas al personal. Los guantes fueron los que demostraron ser la medida de protección más utilizada por el personal (un 48% del personal).

El uso de cofia es necesario para que, en caso la persona tenga contacto con mercurio, no queden restos en su cabello.

En el Cuadro # 21 se observa que hay una pequeña porción personal que realiza actividades como comer y beber durante su labor (ver Gráfico # 22). De dichas actividades, la que más realizan es beber (ver Gráfico # 20). Realizar dichas actividades aumenta el riesgo de una exposición al mercurio. Por ejemplo, si se ha realizado la limpieza de un derrame de mercurio y quedaran trazas en la vestimenta o manos de la persona, puede contaminar la bebida o alimento que ingiere.

Las capacitaciones son una opción para aumentar el conocimiento del personal sobre los daños que produce el mercurio y enseñarles cómo manejarlo para evitar exposiciones. De las personas encuestadas, solamente un 12% (Cuadro # 23, Gráfico 21) ha recibido capacitación, que les fueron impartidas en trabajos anteriores.

Estos resultados muestran que es necesario implementar un programa de capacitación para contribuir con la seguridad del personal. La capacitación es un método que se puede adoptar mientras se logre la completa erradicación de instrumentos e insumos con mercurio hospitalarios.

Todo el personal que respondió a la pregunta 18, se encuentra interesado en recibir mayor información (ver Cuadro # 24, Gráfico 22), lo cual es un aspecto positivo debido a que se muestran comprometidos con el cuidado de su salud. Además, facilita el aprendizaje y la reducción de riesgo de intoxicaciones.

Entre los temas para conocer más sobre el mercurio (ver Cuadro # 25, Gráfico # 23), el que más les interesa al personal es sobre las medidas de seguridad que deben tomar; seguido de su toxicidad, riesgos de exposición y procedimientos a seguir para su descarte adecuado. Entre otros temas además de los colocados en la encuesta, les interesaría conocer sobre cómo se esparce el mercurio en el ambiente, los efectos que ocasiona en la salud y ambiente y qué contenedores utilizar para el descarte de los desechos.

En este trabajo se propuso un procedimiento (Anexo 4) para el manejo adecuado de derrames y descarte de mercurio, el cual se puede utilizar para el personal del hospital. Para la realización de éste se debe contar con el equipo de protección adecuado, lo que requiere principalmente de guantes desechables, cofia y bata.

Este procedimiento debe ser empleado como alternativa mientras se logra la sustitución de los instrumentos e insumos de mercurio por otros libres del metal. En el anexo 5 se muestra un plan que conlleva a esta erradicación.

La importancia de la erradicación del mercurio en el hospital es trascendental como medida de seguridad para el personal, pacientes, y el ambiente. Como se ha mencionado, los hospitales contribuyen con un 4-5% de la contaminación de mercurio total en el ambiente. Si se logra erradicar este metal, el riesgo a exposiciones e intoxicaciones disminuirá para las poblaciones humanas y animales. El proceso de sustitución y eliminación debe ser gradual.

Se observó que el hospital ya comenzó con esta iniciativa, ya que poseen algunas lámparas y focos LED, los cuales son la alternativa libre de mercurio para el alumbrado. La tecnología LED puede parecer una opción de costo más elevado, sin embargo, si se considera su duración (a largo plazo) se obtiene una reducción de costos debido a que no se debe invertir en la compra de tantas lámparas ni emplear el tiempo de los trabajadores para cambiar las que ya no sirven. Como se observa en el Cuadro # 27, se compran centenares de lámparas y focos anualmente, aportando una carga de 8.7g de mercurio al año. En diez años, esta carga sería de 87g y así consecutivamente; estas cargas de mercurio pueden evitarse realizando una sustitución completa por tecnología libre de mercurio.

Asimismo, se observó que poseen esfigmomanómetros libres de mercurio, especialmente en el área de intensivo. Estos esfigmomanómetros evitan que deba dársele mantenimiento al mercurio que contienen los otros. El mantenimiento es realizado (aunque pocas veces) por el personal de mantenimiento. Dicho personal se expone al metal y por tanto a una posible intoxicación. Teniendo la alternativa libre de mercurio, se reduce este riesgo y se contribuye a la vez, con una disminución en la contaminación ambiental.

La sustitución de los esfigmomanómetros es bastante significativa, considerando la cantidad de gramos de mercurio que se obtuvo en el estudio solamente de este instrumento (además que fue éste el de mayor fuente del metal).

La sustitución de termómetros es también importante, ya que son los instrumentos más propensos a roturas y derrames de mercurio. A través de esta investigación se vio además que los termómetros aportan una carga significativa del metal y por tanto, son importantes de considerar para disminuir la contaminación que ocasionan al ambiente y el posible riesgo que implica para el personal. Se determinó (ver Cuadro # 26) que anualmente aportan una carga de 7,974.0g de mercurio en la compra de termómetros (alrededor de 16,000 anuales). La sustitución por termómetros digitales, infrarrojos y otros libres de mercurio reduciría el riesgo y contaminación ambiental.

Al sustituir los termómetros, no sólo se evitará aportar una carga constante de mercurio al ambiente, sino también se obtiene un ahorro. El ahorro se debe a que ya no se tendría que invertir en grandes cantidades de mercurio anualmente, sino que ya se tendrían las alternativas que tienen como ventaja el no ser desechables. Por ejemplo, si un termómetro de temperatura corporal tiene un costo de tres (3) quetzales para el hospital, se invertirían aproximadamente Q47,844.00 anualmente. Un termómetro digital cuesta hasta Q60. Con la cantidad invertida en los termómetros anualmente, pueden comprarse alrededor de 800 termómetros digitales. Dicha cantidad es mucho más grande de la que necesitaría el hospital, y que además tienen como ventaja que tienen un tiempo de vida mayor, son bastante exactos y fáciles de leer. Las opciones que han escogido los hospitales nacionales de Antigua, San Marcos y Jutiapa, son los termómetros de infrarrojo (IR), los cuales tienen duración de hasta 10 años si se utilizan adecuadamente. Estos no tocan al paciente y deben limpiarse cada 50 lecturas. Su costo es de aproximadamente US\$100.00; con la cantidad invertida anualmente en termómetros de Hg, pueden comprarse alrededor de 60 termómetros IR, los cuales son suficientes y dado su duración, es una buena inversión de costo-beneficio.

La carga que aporta el alumbrado y los termómetros (ver Cuadro # 28) puede representar un gran impacto. Es importante continuar con la sustitución de los instrumentos e insumos con mercurio del hospital hasta lograr una erradicación total. Mientras se logre, es necesario capacitar al personal.

Según la OMS, en el año 2017 los hospitales deben ser libres de mercurio. Es un gran avance que se esté comenzando a sustituir los instrumentos e insumo con este

material en el hospital de estudio. Sin embargo, como se observa en el Cuadro # 29, la cantidad de mercurio hospitalario ha aumentado en un 58% tras comparar con el estudio realizado en el año 2008. Se debe considerar que los parámetros de medición fueron los mismos para que el resultado fuera así válido. Dicho aumento puede deberse al incremento en demanda de servicios y que han incorporado un sistema de kit médico para cada paciente que lo solicite (la mayoría). Este kit posee un termómetro para llevar a casa para el paciente. Por lo tanto se incentiva sigan sustituyendo cada vez más instrumentos e insumos por alternativas libres de mercurio, hasta cumplir el objetivo e incluso llegar a ser el primer hospital en Guatemala en lograrlo; de tal manera que sea un ejemplo para el resto.

VIII. CONCLUSIONES

- A.** La cantidad total de mercurio en el hospital Centro Médico fue de 6,707.74g. El servicio de Torre (niveles 5 al 7), resultó ser el que aportó mayor cantidad de mercurio metálico, con 2509.35g, que representan el 37.41% del total del mercurio cuantificado en el estudio. Consulta externa fue el segundo servicio con mayor carga de mercurio, (838.82g), representando el 12.51%; y el tercero fue Emergencias, con 719.66g de mercurio (10.73%).
- B.** Los instrumentos que más cantidad de mercurio metálico aportaron fueron los esfigmomanómetros. Se calculó un total de 5,427.0g (80.91% del estudio) del metal presente. Los termómetros fueron la segunda fuente de mayor aporte de mercurio metálico, con 996.0g (14.85%). Los manómetros (aparatos no clínicos), fueron la tercera fuente de mayor carga de mercurio hospitalario. Se cuantificó 158.0g, representando un 2.36% del total.
- C.** El riesgo potencial para el ambiente se considera significativo y éste ha incrementado debido al aumento del 58% de la carga de mercurio metálico comparado con el año 2008.
- D.** Se considera que el manejo de los desechos de mercurio metálico en el hospital debe mejorarse, ya que se desechan en basureros comunes. El mercurio debe guardarse en recipientes de plástico herméticos con una mezcla de azufre sublimado.
- E.** La erradicación del mercurio en el hospital se puede lograr implementando capacitaciones e informando al personal sobre el riesgo del mercurio, así como dándoles a conocer un procedimiento adecuado para el manejo de derrames y desechos de mercurio. Ésta sería una estrategia a corto plazo. La estrategia a mediano plazo consiste en comenzar la sustitución de los instrumentos e insumos por alternativas libres del metal. La estrategia a largo plazo conlleva la

- F.** eliminación total del mercurio en el hospital, dándole mantenimiento a esta iniciativa e incentivando a los demás hospitales a cumplirla.

- G.** Existen alternativas libres de mercurio para todos los instrumentos e insumos que se hallaron en el hospital. Se detallan éstas en el anexo 5.

IX. RECOMENDACIONES

- A.** Realización de la contabilización de instrumentos e insumos mediante la observación, o bien, si se utiliza la encuesta, estar presente al momento de realizarla al personal de manera que la información se recolecte directamente.
- B.** Nombramiento de una persona encargada de cada servicio para facilitar el acceso a las áreas y el acceso a la información.
- C.** Elaboración y empleo de procedimientos para el manejo adecuado de los desechos y limpieza de derrames, así como realizar capacitaciones que aumenten el conocimiento del personal respecto a los riesgos que conlleva el mercurio.
- D.** Establecimiento de un kit de limpieza de derrames de mercurio para cada servicio del hospital.
- E.** Fomentación de la colaboración en el proceso de sustitución de instrumentos e insumos con mercurio por parte de las autoridades y personal del hospital, para lograr un hospital libre del metal.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry ToxFAQs. **2011**. *Medical management guidelines for Mercury*. Consultado el 27/03/2013. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg46.pdf>
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry ToxFAQs. **1999**. *Mercury*. Consultado el 27/03/2013. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts46.pdf>
3. Ballesteros, S., Cabrera, R., Cano, J., Cánovas, P., Conejo, L., De la Oliva, S., Ferrer, C., Larrotcha, M., Martínez, R., Paños, R., Ramón, F., y Gallegos, R. 2005. *Guía Práctica de Intoxicaciones Pediátricas*. RUPEM. Soc. Corporativa. Pp. 146-149.
4. Contreras, J. 2008. *Inventario de mercurio metálico presente en hospitales públicos y privados con capacidad mayor de 50 camas, ubicados en la Ciudad de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado el 28/04/2013. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2683.pdf
5. Department of Health Services. 2000. *A guide to mercury assessment and elimination in healthcare facilities*. State of California. Consultado el 14/04/2013. Disponible en: <http://www.chem.unep.ch/mercury/2003-gov-sub/USA/California/Guide-to-Mercury-Assess.pdf>
6. Doadrio, A. **2004**. *Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio*. Anal. Real Academia Nacional de Farmacología. 70: 933-959. Consultado el 29/03/2013. Disponible en: <http://media.analesranf.com/index.php/aranf/article/viewFile/254/283>
7. Elgstrand, K. y Peterson, N. 2009. *OSH for Development, Occupational Safety and Health for Development*. Royal Institute of Technology. Pp. 367-368.
8. International Agency for Research on Cancer, IARC. 1997. *Mercury and mercury compounds*. INCHEM. Vol. 58. Pp. 239. Consultado el 06/06/2013. Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol58/mono58-3.html>
9. IPCS. **2005**. *Mercurio*. Fichas Internacionales de Seguridad Química. Consultado el 27/03/2013, Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0056.pdf>

10. Karliner, J. 2010. *Toward the tipping point: WHO-HCWH Global initiative to substitute Mercury-Based Medical Devices in Health Care*. WHO. Consultado el 29/04/2013. Disponible en: http://www.mercuryfreehealthcare.org//Toward_the_Tipping_Point.pdf
11. LaDou, J. 1999. *Medicina Laboral y ambiental*. Editorial el Manual Moderno S.A. 2ª Edición. Pp. 467-468.
12. Martí, J., Desoille, H., et al. 2002. *Medicina del Trabajo*. MASSON. S.A. Barcelona. 2ª Edición. Pp. 251-257.
13. Organización Mundial de la Salud. 2005. *El Mercurio en el Sector de la Salud*. Consultado el 31/04/2013. Disponible en: http://www.noharm.org/lib/downloads/espanol/OMS_Sobre_el_Mercurio.pdf
14. Organización Mundial de la Salud. 2013. *La OMS acoge con satisfacción el tratado internacional sobre el mercurio*. Consultado el 31/03/2013. Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2013/mercury_20130119/es/
15. Ortega, J., Ferris, J., Lopes, J., Marco, A., García, J., Cánovas, A., Ortí, A., Ibiza, E., Molina, F. y Lorente, D. 2003. *Revista Española de Pediatría. Unidad de Oncología Pediátrica*. 59(3): 274-291. Consultado el 29/03/2013. Disponible en: <http://www.pehsu.org/az/pdf/mercury.pdf>
16. Peña, L., Arroyave, C., Aristizábal, J. y Gómez, U. 2010. *Toxicología Clínica*. 1ª Edición. Pp. 539-545.
17. Poulín, J. y Gibb, H. 2013. *Mercurio: Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local*. Serie Carga de morbilidad ambiental. No. 16. OMS.
18. Red de Acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina (RAP-AL). 2013. *Convenio de Basilea*. Consultado el 31/03/2013. Disponible en: http://www.rap-al.org/index.php?seccion=4&f=convenio_basilea.php
19. Salud sin Daño. *El problema: mercurio en el sector salud*. Consultado el 31/03/2013. Disponible en: http://www.noharm.org/salud_sin_danio/temas/toxicos/mercurio/
20. Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Oncología Médica. 2012. *Convenio Internacional de Mercurio*. Consultado el 31/03/2013. Disponible en: <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&ved=0CHEQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.slacom.org%2Fsrc%2Fdown>

[nload.php%3Fadjunto%3D08052012.0.pdf&ei=K-ZYUfSrJpDq0QHk-4DIBw&usg=AFQjCNGfGKCa_r8JGTWwWOgbqAxMI-s5jA&sig2=XmTBftiSWFITHaS1Rpv9TA&bvm=bv.44442042,d.eWU](http://www.mercuryfreehealthcare.org/hg-mx.pdf)

21. Stancanelli, G. 2009. *Comunicado de prensa: La ciudad de México se compromete a eliminar el mercurio de su sistema de salud pública*. Salud sin Daño. Consultado el 05/06/2013. Disponible en: <http://www.mercuryfreehealthcare.org/hg-mx.pdf>
22. U.S. Environmental Protection Agency. 2012. *Environmental Effects*. Mercury. Consultado el 28/03/2013. Disponible en: <http://www.epa.gov/mercury/eco.htm>
23. U.S. Environmental Protection Agency. 2012. *Mercury Releases and Spills*. Mercury. Consultado el 28/03/2013. Disponible en: <http://www.epa.gov/mercury/spills/>
24. Vargas, G. 2011. *Eliminación de Desechos de mercurio (Hg) en los hospitales de más de 50 camas de la Ciudad de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado el 29/04/2013. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3187.pdf
25. World Health Organization. 2007. *Exposure to Mercury: a major public health concern*. Preventing Disease through healthy environments. Consultado el 27/03/2013. Disponible en: <http://www.who.int/phe/news/Mercury-flyer.pdf>

XI. ANEXOS

ANEXO 1. ENCUESTA SOBRE LA CANTIDAD DE MERCURIO METÁLICO EN UN HOSPITAL DE GUATEMALA	80
ANEXO 2. ENCUESTA SOBRE EL MANEJO DE LOS DESECHOS DE MERCURIO METÁLICO EN UN HOSPITAL DE LA CIUDAD DE GUATEMALA	85
ANEXO 3: Tabla Internacional PNUMA	89
ANEXO 4: Procedimiento para la limpieza y el manejo de derrames de mercurio	90
ANEXO 5: Plan para la erradicación del mercurio en el hospital	93

ANEXO 1. ENCUESTA SOBRE LA CANTIDAD DE MERCURIO METÁLICO EN UN HOSPITAL DE GUATEMALA

Encuesta obtenida de la tesis “*Inventario de mercurio metálico presente en hospitales públicos y privados con capacidad mayor de 50 camas, ubicados en la Ciudad de Guatemala*”, realizada por la Licda. Jennifer Patricia Contreras Rivera.

El motivo de la presente encuesta es para la realización del trabajo de graduación “**Diagnóstico de la cantidad de mercurio y el riesgo que involucra su manejo en un hospital de la Ciudad de Guatemala**”. Favor responder como se indica a las siguientes preguntas. Gracias por su colaboración.

Fecha: _____

Servicio del hospital: _____

1. ¿En este servicio del hospital poseen termómetros de mercurio?

Sí _____ No _____

Si la respuesta es Sí, indique cuántos:

1.1. Termómetros para medir temperatura corporal: _____

1.2. Termómetro 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 de 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: _____

Otros: _____

Observaciones: _____

2. ¿En este servicio del hospital poseen aparatos interruptores?

Sí _____ No _____

Si la respuesta es Sí, indique cuántos:

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 poseen 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 poseen medidores de presión?

Sí _____ No _____

Si su respuesta fue Sí, indique cuántos:

4.1. Barómetros: _____

4.1.1. Barómetros de 20 pulgadas: _____

4.1.2. Barómetros de 30 pulgadas: _____

4.2. Vacuómetros: _____

4.3. Manómetros: _____

Otros: _____

Observaciones: _____

5. ¿En este servicio del hospital poseen 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 poseen 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 poseen 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:

8.1.1.1. Mezcla manual: _____

8.1.1.2. 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 al mes?

9.2. ¿Cuántos tubos gastrointestinales compran 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:

9.4.1. ¿Cuántos esfigmomanómetros de mercurio compran al mes?

9.5. ¿Compran lámparas fluorescentes?

Sí _____ No _____

Si la respuesta es Sí, indique:

9.5.1. ¿Cuántas lámparas compran al mes? _____

Otros: _____

Observaciones: _____

ANEXO 2. ENCUESTA SOBRE EL MANEJO DE LOS DESECHOS DE MERCURIO METÁLICO EN UN HOSPITAL DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Encuesta obtenida de la tesis “*Eliminación de desechos de mercurio (Hg) en los hospitales de más de 50 camas de la ciudad de Guatemala*”, realizada por la Licda. Celeste Vargas García.

El motivo de la presente encuesta es para la realización del trabajo de graduación “**Diagnóstico de la cantidad de mercurio y el riesgo que involucra su manejo en un hospital privado de la Ciudad de Guatemala**”. Favor responder como se indica a las siguientes preguntas. Gracias por su colaboración.

Fecha: _____

Servicio del hospital: _____

Parte A. General.

1. ¿A qué servicio de hospital pertenece?

Departamento de limpieza _____ Departamento de mantenimiento _____

Personal área de odontología _____ Personal de Enfermería _____

Otro:

2. ¿Se encarga de descartar algún tipo de material o insumo? (Si la respuesta es No, Finaliza la encuesta).

Sí _____ No _____

3. ¿Qué tipo de desechos manipula?

a. Desechos biológicos _____

b. Desechos químicos _____

c. Reactivos _____

d. Medicamentos _____

e. Productos de limpieza _____

f. Amalgamas _____

Desechos de equipos e instrumentos, ¿cuáles? _____

4. ¿Dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros, etc.?

a. Basureros comunes _____

b. Basureros diferentes _____ De qué tipo _____

5. ¿Qué características poseen los recipientes de descarte?

a. Son de un material especial _____

b. Se encuentran sellados _____

c. Se encuentran rotulados _____

d. Se encuentran en un lugar adecuado _____

6. ¿Existe alguna supervisión profesional durante la ejecución de su trabajo?

Sí _____ No _____

Parte B. Procedimiento / Conocimiento

7. ¿Realiza algún procedimiento especial para los desechos de insumos y equipo que contienen mercurio?

Sí _____, Describir en forma breve: _____

No _____

8. ¿Tiene conocimiento de algún procedimiento a seguir en caso de rotura de algún insumo o algún otro derrame de mercurio?

Sí _____. ¿Cuál? _____

No _____

9. ¿Sabe usted que algunos de los insumos hospitalarios contienen mercurio?

Sí _____ No _____

10. ¿Sabe reconocer este tipo de insumos?

Sí _____ No _____

11. ¿Considera haber estado expuesto a los desechos de mercurio?

Sí _____ No _____

12. ¿Sabe usted si este material es contaminante y capaz de afectar su salud?

Sí _____ No _____

13. ¿Sabe usted si los desechos de mercurio son capaces de afectar el ambiente?

Sí _____ No _____

Parte C. Medidas de protección e higiene

14. Durante su labor diaria de limpieza, ¿utiliza alguna protección física?

- a. Bata _____
- b. Guantes _____ ¿qué tipo de guantes? _____
- c. Mascarilla _____ ¿qué tipo de mascarilla? _____
- d. Otros: _____

15. Características del equipo de protección (observacional)

- a. Bata o uniforme: Con bolsas _____ Cerrado adecuadamente _____
Completo _____ Limpio _____
- b. Mascarilla: Tiene _____ No tiene _____
- c. Cofia: Tiene _____ No tiene _____ Pelo agarrado _____
- d. Zapatos: Cerrados _____ Bajos _____ Sin tacón _____
- e. Accesorios: joyas _____ Otros _____

16. Realiza algunas actividades dentro del área de trabajo, tales como:

- a. Comer _____

- b. Beber _____
- c. Fumar _____

Parte D. Capacitación

17. ¿Ha recibido capacitación especial para el manejo de los desechos que contienen mercurio?

Sí _____ ¿Cuándo? _____ ¿Quién la impartió? _____

No _____

18. ¿Está interesado en recibir mayor información acerca del mercurio?

Sí _____ No _____

Si la respuesta es Sí, indique de qué tipo:

- a. Toxicidad del mercurio _____
- b. Medidas de seguridad _____
- c. Riesgos de exposición a los desechos de mercurio _____
- d. Procedimientos para descartar el mercurio adecuadamente _____

Otro tipo: _____

ANEXO 3. Tabla Internacional PNUMA

Source Class	Hg Item	Weight Per Unit (gm unless noted)	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Subtotal (gm)	Clase de fuente	Total por fuente (gm)	% del Total
Gastroenterología	Dilatadores esfágicos (set)	5.700										0.0	Gastroenterología	0.0	0.0%
	Tubos cantor	95													
	Tubos Miller-Abbott	67.5													
	Tubos de alimentación	148.5													
	Tubo Sengstaken Blakemore	20													
Esfingomanómetros	Esfingomanómetros Trimline	70										0.0	Esfingomanómetros	0.0	0.0%
	Baum o. Baxter	83										0.0			
	Esfingomanómetro Empire	90										0.0			
	Otros	81													
	Kit de reparación de esfingomanómetros	Masa Hg. Lb. (30 ml por botella) 13.6 Masa Hg. ml 394.4	454									0.0			
Medidores de presión	Barómetro de 20 pulg.	800										0.0			
	Barómetro de 30 pulg.	1850										0.0			
	Vacuómetros														
	Manómetros	2													
	Temperatura corporal	0.5										0.0	Termómetros	0.0	0.0%
Termómetros	De 4 - 6 pulg.	2										0.0			
	De 7 pulg.	4										0.0			
	De 10 - 12 pulg.	6										0.0			
	De laboratorio	8										0.0			
	Min. y máx. (comidas y otros)	2										0.0			
	De caldera	10										0.0	Alumbrado	0.0	0.0%
	Tubos fluorescentes 48 pulg. (40W)	0.006225										0.0			
Alumbrado	Fluorescentes en U	0.006225										0.0			
	Fluorescentes de 24 pulg. (20W)	0.00400													
	Compactas (ahorradoras)	0.00363													
	Sodio de alta presión/vapor Hg	0.135													
	Ultravioleta de 24 pulg.	0.022													
	Mezcla manual	1										0.0	Amalgamas	0.0	0.0%
	Mezcla mecánica 1	0.335													
Amalgamas	Mezcla mecánica 2	0.266													
	Tubo de rayos-X (PBL - 4 por tubo)	2										0.0	Aparatos interruptores	0.0	0.0%
	Barostato de sistema de vacío	15										0.0			
	Barostato de caldera	4										0.0			
	Switches de palanqueta de calentamiento	2										0.0			
	Termosíntos	3										0.0			
	Otros:											0.0	Otros aparatos	0.0	0.0%
Otros aparatos	Otros:											0.0			
	Otros:											0.0			
	Total de Mercurio por área		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Total Mercurio (gm)	0	

ANEXO 4. Procedimiento para la limpieza y el manejo de derrames de mercurio

Karen Villavicencio
Química Farmacéutica
Universidad del Valle de Guatemala

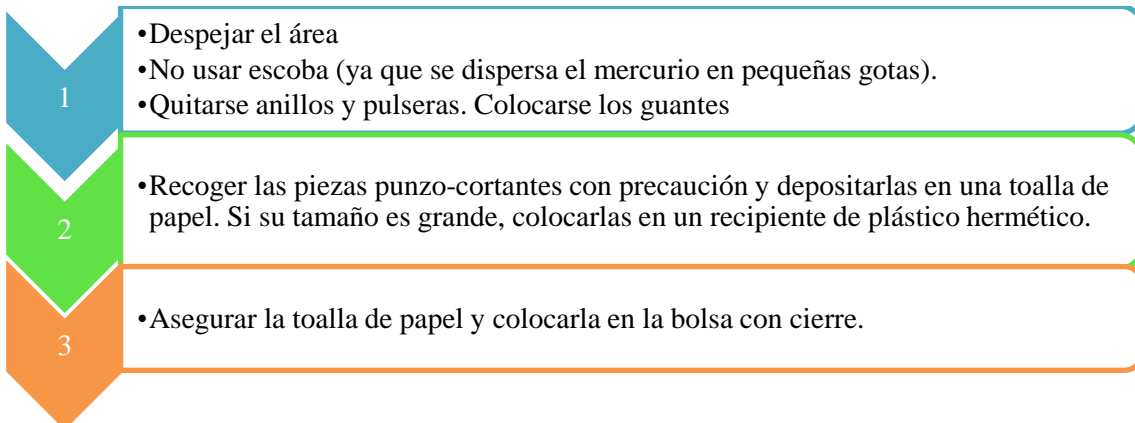
Procedimiento para la limpieza y el manejo de derrames de mercurio

A continuación se plantea un procedimiento a emplear cuando se rompa algún instrumento o insumo que contenga mercurio y se necesite de la limpieza del derrame. Asimismo, se menciona el manejo adecuado de sus desechos.

Al momento en que ocurra un derrame de mercurio, contar con un kit que contenga los materiales necesarios para la limpieza. El kit debe estar en una caja de plástico que los contenga. Los materiales son los siguientes:

- ✓ Guantes desechables (látex o nitrilo)
- ✓ Bolsas de basura
- ✓ Etiquetas: Residuos de mercurio
- ✓ Toallas de papel
- ✓ Trozos de cartón
- ✓ Bolsas con cierre (tipo ziplock)
- ✓ Cinta adhesiva
- ✓ Linterna
- ✓ Jeringa sin aguja
- ✓ Frasco plástico hermético pequeño (como de rollo de fotos)
- ✓ Azufre sublimado

PROCEDIMIENTO





Referencia

- Department of Health Services. 2000. *A guide to mercury assessment and elimination in healthcare facilities*. State of California. Consultado el 14/04/2013. Disponible en: <http://www.chem.unep.ch/mercury/2003-gov-sub/USA/California/Guide-to-Mercury-Assess.pdf>
- U.S. Environmental Protection Agency. 2012. *Mercury Releases and Spills*. Mercury. Consultado el 28/03/2013. Disponible en: <http://www.epa.gov/mercury/spills/>

ANEXO 5. Plan para la erradicación del mercurio en el hospital

Karen Villavicencio
Química Farmacéutica
Universidad del Valle de Guatemala

Plan para la erradicación del mercurio en el hospital

La eliminación del mercurio dentro de un hospital es un proceso gradual. Un hospital libre de mercurio es un lugar con menor riesgo laboral y contribuye a la salud ambiental. A continuación se plantea un plan que permite realizar este proceso con el cumplimiento de tres objetivos principales.

1) Objetivo a corto plazo

El presente objetivo está diseñado para realizarlo mientras se comience la eliminación de instrumentos con mercurio. Consiste en buscar una alternativa para disminuir el riesgo que conllevan los derrames y el manejo de los desechos de mercurio del hospital, lo cual se logra mediante:

- Capacitación al personal sobre el mercurio (efectos a la salud, impacto ambiental, instrumentos e insumos hospitalarios que lo contienen, formas de manejarlo, entre otras).
- Proporcionando al personal el material de seguridad necesario para el manejo de desechos de mercurio.
- Abasteciendo a cada servicio con un kit para limpieza de derrames, listo para su uso (revisar periódicamente para que siempre esté completo).
- Implementación de un procedimiento de limpieza de derrames y manejo de los desechos.
- Contar con una habitación o área de almacenamiento de los residuos de mercurio.
- Supervisión del cumplimiento de los procedimientos.

2) Objetivo a mediano plazo

Este objetivo da continuación al anterior. Para este punto, se comienza la sustitución de instrumentos e insumos que contengan mercurio por alternativas libres del metal. Debido a que la sustitución es parcial (aún se tienen materiales con mercurio), se debe contar aún con lo mencionado en el objetivo a corto plazo. Las alternativas para sustituir los insumos e instrumentos hospitalarios se describen en el cuadro a continuación. Se debe escoger la alternativa que más se adapte a las necesidades del hospital (según pacientes que ingresan, facilidad uso, proceso de esterilización, entre otros).

La sustitución es gradual. Los materiales con mercurio que ya no sirvan deben manejarse apropiadamente; no se deben descartar en basureros normales. Proceder

como se indica en el *Procedimiento para la limpieza y el manejo de derrames de mercurio*.

Cuadro # 1: Alternativas para la sustitución de instrumentos e insumos hospitalarios con mercurio

El siguiente cuadro muestra algunas alternativas que se pueden emplear para sustituir los instrumentos e insumos que contienen mercurio (se incluyeron solamente los que se observaron en el hospital de estudio).

Instrumento / Insumo con mercurio	Alternativa libre de mercurio
Termómetros (de temperatura corporal, de laboratorio)	Termómetros de alcohol, digitales, infrarrojos, de vidrio con galistano, de arteria temporal.
Esfigmomanómetros	Electrónicos (oscilométricos), aneroides.
Manómetros, Barómetros	Electrónicos, aneroides
Lámparas fluorescentes, ultravioleta, tubos de rayo catódico, de alta presión de sodio	Tecnología LED

3) Objetivo a largo plazo

El objetivo consiste en eliminar todo el mercurio dentro del hospital. Tras alcanzarlo, se incentiva a que se le dé mantenimiento al plan para continuar siendo un hospital libre de mercurio.

Asimismo, el hospital se vuelve ejemplo (pudiendo ser el primero en Guatemala) para los demás que no han alcanzado este objetivo y servir de incentivo para que los otros logren este objetivo.

Referencia

- Organización Mundial de la Salud. **2005**. *El Mercurio en el Sector de la Salud*. Consultado el 31/04/2013. Disponible en: http://www.noharm.org/lib/downloads/espanol/OMS_Sobre_el_Mercurio.pdf
- Salud sin Daño. *El problema: mercurio en el sector salud: Guía para la eliminación del mercurio en establecimientos de salud*. Consultado el 09/10/2013. Disponible en: http://www.noharm.org/salud_sin_danio/temas/toxicos/mercurio/