

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades



**DIAGNÓSTICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE  
MERCURIO Y EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE SUS DESECHOS EN  
LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Trabajo de graduación presentado por Rosmery Godoy Javier para optar al  
grado académico de Licenciada en Química Farmacéutica**

Guatemala

2016



**DIAGNÓSTICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE  
MERCURIO Y EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE SUS DESECHOS EN  
LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades



**DIAGNÓSTICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE  
MERCURIO Y EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE SUS DESECHOS EN  
LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Trabajo de graduación presentado por Rosmery Godoy Javier para optar al  
grado académico de Licenciada en Química Farmacéutica**


Guatemala

2016

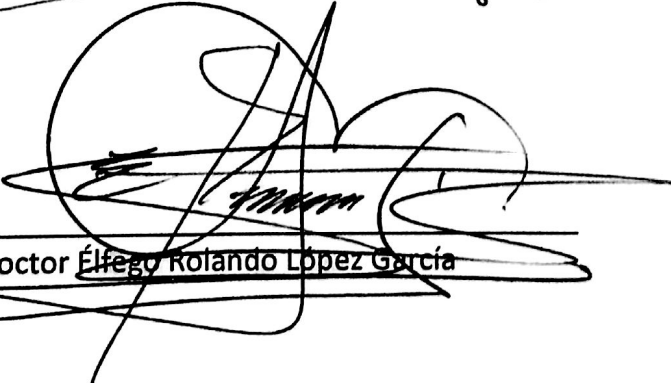
Vo. Bo.:

(f)   
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo  
Asesor

Tribunal Examinador:

(f)   
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo  
Asesor

(f)   
Licenciada Ana Luisa Mendizábal Solé de Montenegro

(f)   
Doctor Elfege Rolando López García

Fecha de aprobación: Guatemala, 11 de febrero de 2016.

Le doy gracias a Dios por la oportunidad y bendición de permitirme concluir con una meta más de las que me he trazado. Agradezco a mis padres y hermanas por su infinito apoyo y por estar a mi lado en los momentos más difíciles de ésta trayectoria universitaria.

Agradezco a la Universidad del Valle de Guatemala, por permitirme desarrollar este proyecto dentro del campus educativo y a todas las personas que colaboraron en la realización de este estudio.

# ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS .....	xi
RESUMEN.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO CONCEPTUAL .....	2
A. Antecedentes del problema.....	2
B. Justificación .....	4
C. Planteamiento del problema .....	5
D. Alcance y limitantes del problema .....	5
1. Alcance.....	5
2. Límites.....	5
III. MARCO TEÓRICO .....	6
A. Mercurio generalidades .....	6
B. Mercurio en el ambiente .....	7
C. Toxicocinética y toxicodinámica del mercurio .....	11
D. Daños en la salud provocados por el mercurio .....	13
E. Análisis, diagnóstico y tratamiento .....	15
F. Alternativas para reducir el uso de mercurio.....	17
G. Procedimiento en caso derrames de mercurio para evitar la exposición física .....	18
H. Procedimiento para desechos de mercurio.....	19
IV. MARCO METODOLÓGICO .....	21
A. Objetivos.....	21
1. Generales.....	21
2. Específicos .....	21
B. Población .....	22
C. Muestra .....	22

D.	Procedimiento .....	22
E.	Diseño de investigación .....	25
F.	Análisis estadístico .....	25
V.	MARCO OPERATIVO .....	26
A.	Recopilación y tratamiento de datos.....	26
B.	Recursos.....	26
1.	Recursos materiales .....	26
2.	Recursos humanos .....	26
VI.	RESULTADOS.....	27
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
VIII.	CONCLUSIONES.....	67
IX.	RECOMENDACIONES .....	69
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	70
XI.	ANEXOS.....	72
	<b>ANEXO 1. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN RESPECTO AL MANEJO DE LOS DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXO 2. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN RESPECTO AL MANEJO DE LOS DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA, SEGÚN LA FACULTAD O DEPARTAMENTO EN QUE SE DESEMPEÑA.....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXO 3. TABLA INTERNACIONAL PNUMA .....</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXO 4. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS AL USO DE MERCURIO.....</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXO 5. PLAN DE MEJORA PARA EL MANEJO ACTUAL DE DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA, TOMANDO EN CUENTA MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL PERSONAL .....</b>	<b>81</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura No. 1. Ciclo natural del mercurio.....	09
Figura No. 2. Ciclo antropogénico del mercurio.....	10
Figura No. 3. Ciclo de biotransformación del mercurio.....	11
Figura No. 4. Mapa de la Universidad del Valle de Guatemala (Campus Central).....	23

## LISTA DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro No. 1. Utilización del mercurio y algunos de sus compuestos en la industria.....	08
Cuadro No. 2. Descripción de la vida media del mercurio según su forma química.....	12
Cuadro No. 3. Distribución de áreas dentro del campus central.....	24
Cuadro No. 4 y 5. Estimación de mercurio en los insumos y equipo utilizado en la Universidad del Valle de Guatemala mediante la tabla toolkit de PNUMA (ver anexo 2). ....	27
Cuadro No. 6. Distribución del mercurio según la clase de fuente.....	31
Cuadro No. 7. Estimación de la cantidad de mercurio por área de la Universidad.....	32
Cuadro No. 8. Distribución de la cantidad de mercurio según las áreas y sub-áreas de la Universidad.....	33
Cuadro No. 9. Personal encuestado y nivel de escolaridad.....	35
Cuadro No. 10. Distribución del personal de la Universidad encuestado.....	36
Cuadro No. 11. ¿Se encarga usted de descartar algún tipo de material o insumo?.....	37
Cuadro No. 12. ¿Qué tipo de desechos manipula?.....	38
Cuadro No. 13. ¿En dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros, etc?.....	39
Cuadro No. 14. ¿Qué características tienen los recipientes de descarte?.....	40
Cuadro No. 15. ¿Existe alguna supervisión profesional durante la ejecución de su trabajo?.....	41

Cuadro No. 16. ¿Realiza algún procedimiento o tratamiento especial para los desechos de insumos y equipo que contiene mercurio?.....	42
Cuadro No. 17. ¿Sabía usted que algunos de los insumos de la Universidad contienen mercurio?.....	43
Cuadro No. 18. ¿Sabe reconocer este tipo de insumos?.....	44
Cuadro No. 19. ¿Tiene conocimiento de algún procedimiento a seguir en caso de rotura de algún insumo u otro derrame de mercurio? (P.E. termómetros, focos o lámparas ahorradoras).....	45
Cuadro No. 20. ¿Considera que en algún momento estuvo expuesto a desechos de mercurio?.....	46
Cuadro No. 21. ¿Sabe usted si este material es contaminante y capaz de afectar su salud?.....	47
Cuadro No. 22. ¿Sabe si los desechos de mercurio pueden afectar el medio ambiente?.....	48
Cuadro No. 23. Durante su labor diaria de limpieza, ¿Utiliza alguna protección física?.....	49
Cuadro No. 24. ¿Durante su trabajo ordinario realiza otras actividades? ¿Cuáles?.....	50
Cuadro No. 25. ¿Ha recibido capacitación especial para el manejo de desechos que contienen mercurio?.....	51
Cuadro No. 26. ¿Está interesado en recibir mayor información acerca del mercurio?.....	52
Cuadro No. 27. Observacional. Equipo de protección que el personal utiliza durante la gestión de desechos.....	53

Cuadro No. 28. Personal encuestado en dirección de departamentos según facultad o departamento en el que se desempeña.....	54
Cuadro No. 29. Tipo de desechos que se manipulan en su área de trabajo.....	54
Cuadro No. 30. ¿Dispone de información respecto a cómo se descartan los desechos de lámparas fluorescentes y/o termómetros de mercurio?.....	54
Cuadro No. 31. ¿Desarrolla algún procedimiento o tratamiento especial para los desechos de insumos y equipos que contienen mercurio?.....	55
Cuadro No. 32. ¿Conoce o dispone de información respecto a la política de la Universidad, para la sustitución de insumos y equipo que utiliza mercurio?.....	55
Cuadro No. 33. Propuesta de alternativas al uso de mercurio.....	80

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Página</b>
Gráfico No. 1. Distribución de mercurio según clase de fuente.....	31
Gráfico No. 2. Distribución de mercurio en las áreas y sub-áreas con menor cantidad del metal dentro de la Universidad.....	33
Gráfico No. 3. Distribución de mercurio en las áreas y sub-áreas con mayor cantidad del metal dentro de la Universidad.....	34
Gráfico No. 4. Distribución del personal encuestado de las diferentes áreas de la Universidad.....	36
Gráfico No. 5. Tipo de desechos que manipula el personal.....	38
Gráfico No. 6. ¿En dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros, etc.?.....	39
Gráfico No. 7. Características que poseen los recipientes de descarte según el personal encuestado.....	40
Gráfico No. 8. ¿Existe alguna supervisión profesional durante la ejecución de su trabajo?.....	41

Gráfico No. 9. Procedimiento o tratamiento que se realiza para la gestión de los desechos o derrames de mercurio.....	42
Gráfico No. 10. ¿Sabía usted que algunos de los insumos de la Universidad contienen mercurio?.....	43
Gráfico No. 11. ¿Sabe reconocer este tipo de insumos?.....	44
Gráfico No. 12. Conocimiento de procedimientos a seguir en caso de rotura de un insumo o derrame de mercurio.....	45
Gráfico No. 13. Exposición a desechos de mercurio.....	46
Gráfico No. 14. ¿Sabe usted si este material es contaminante y capaz de afectar su salud?.....	47
Gráfico No. 15. ¿Sabe si los desechos de mercurio pueden afectar el medio ambiente?.....	48
Gráfico No. 16. Tipo de protección física utilizada durante el trabajo.....	49
Gráfico No. 17. Actividades extras realizadas por el personal mientras labora.....	50
Gráfico No. 18. Información que el personal está interesado en recibir.....	52

## RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue la estimación de la cantidad de mercurio (Hg) dentro del campus central de la Universidad del Valle de Guatemala, así como la evaluación de la gestión de sus desechos proponiéndose un plan de mejora para el manejo de los mismos.

Los datos fueron recabados mediante el instrumento *toolkit* del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la gestión de los desechos fue analizada mediante un instrumento de evaluación adaptado a la población de la Universidad. Se estimó una carga total de mercurio de 8,696.38 g de Hg, de los cuales 2,670.00 g son representados por reactivos de mercurio inorgánico.

Las áreas con mayor carga de mercurio fueron las de laboratorios y bodegas de Química, donde se concentró el 74.79% y 21.52% de la cantidad total de Hg.

Del personal que participó en la encuesta, se infirió que el personal de mantenimiento y limpieza tienen poco conocimiento sobre el manejo de desechos de mercurio y la toxicidad de dicho metal. Por otro lado, el personal de las bodegas de Química, Biología, Bioquímica y Microbiología si cuenta con los conocimientos básicos acerca del mercurio.

Se estima que la carga de mercurio puede ser mayor, ya que no se tomó en consideración algunas áreas como los pasillos, el alumbrado de parques y los sanitarios. Es recomendable capacitar al personal sobre el manejo de los desechos de mercurio y la importancia de la disminución del uso de dicho compuesto.

# I. INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años se dispone de información respecto a que el mercurio (Hg) es un metal que es sumamente tóxico para la salud del ser humano. Por sus propiedades fisicoquímicas tiene la capacidad de incorporarse a las cadenas tróficas y de difundirse en el ambiente provocando contaminación en seres humanos, ríos, fauna y flora silvestre.

Las principales fuentes de contaminación por mercurio son todas aquellas empresas, laboratorios, centros de salud, instituciones y personas que tienen desconocimiento respecto al manejo de los desechos del mercurio. Esto ha contribuido a que el vertido de desechos de mercurio en ríos y en el ambiente no sea controlado y provoque muchos episodios de intoxicación como el de la Bahía de Minamata en Japón por los vertidos al agua de desechos de mercurio por una fábrica. A partir de dicho suceso se elaboraron normativas para regular el manejo y disposición de desechos de mercurio a nivel mundial.

Las intoxicaciones laborales debidas al mercurio, se presentan con mayor frecuencia en el personal que no tiene conocimiento y capacitación respecto a la manipulación segura de los compuestos que contienen mercurio o bien, cómo descartarlo. Al manejar los desechos de mercurio es importante tener un procedimiento establecido y un kit para controlar los derrames en caso ocurran.

Es necesario utilizar alternativas al mercurio a nivel mundial para disminuir los efectos contaminantes de dicho metal, así como apearse a las normas de utilización y exportación del mismo. En este estudio se pretende estimar la cantidad de mercurio metálico presente en las aulas, bodegas, oficinas y laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala. Además, evaluar la gestión del manejo de sus desechos con el fin de poder idear una propuesta de alternativas al mercurio y el correcto manejo de sus desechos.

## II. MARCO CONCEPTUAL

### A. Antecedentes del problema

A inicios de la década de 1950, en la ciudad de Minamata (Japón), una gran cantidad de personas, aves y gatos adquirieron una enfermedad severa de tipo degenerativo, la cual les provocó parálisis e incluso la muerte. Se determinó que el origen de dicha enfermedad se encontraba en las emisiones de mercurio que provenía de una fábrica cercana hacia los sedimentos marinos. El mercurio logró incorporarse en la cadena alimenticia de los peces y así sucesivamente hasta llegar a los pescadores, aves y gatos que consumían pescado ocasionándoles daños severos en el sistema nervioso central. Desde que se hizo este descubrimiento el desecho de los metales pesados que son tóxicos se encuentra sujeto a diversas normativas rigurosas (Trefil, 2004).

A raíz del problema originado en la ciudad de Minamata surgió el Convenio de Minamata, el cual es un tratado a nivel mundial que se enfoca en la protección de todo el medio ambiente y de la salud, se conoce como el primer convenio nuevo a nivel mundial enfocado en éstas áreas. Dicho convenio provee varios controles y opciones para la reducción de los productos, procesos y las industrias donde se utiliza el mercurio o bien, que lo emiten o liberan al medio ambiente (UNEP, 2013).

También abarca la extracción, exportación, importación y almacenamiento en condiciones seguras del mercurio. Con esto se logrará identificar aquellas poblaciones que se encuentren en riesgo, dando atención médica y la capacitación a los profesionales de salud para que puedan detectar y tratar todos aquellos efectos tóxicos derivados del metal. Japón firmó el Convenio de Minamata el 10 de octubre del 2013, siendo uno de los primeros países en adoptar dicho convenio. A la conferencia diplomática donde Japón firmó el Convenio de Minamata asistieron más de 1000 participantes y fue adoptado por 139 gobiernos y firmado por 92. Dentro de las disposiciones del Convenio se acordó que la producción, importación y exportación de varios productos portadores de mercurio debía quedar prohibida antes del año 2020. Entre las cuales figuran: baterías, interruptores, lámparas fluorescentes compactas, de cátodo frío, de electrodo externo,

jabones y cosméticos, otros como los termómetros y equipo para medición de presión arterial (UNEP, 2013).

Desde el año 2008, Salud sin Daño (SSD) y la Organización Mundial de la Salud (OMS); han laborado conjuntamente para que el sector de cuidado de salud sea libre de mercurio, de tal manera que se impulse el desarrollo de instrumentos o procesos alternativos, accesibles, precisos y seguros a nivel global. Dicha iniciativa está formada como un apoyo a los profesionales, hospitales, industrias y ministerios de salud a nivel mundial respecto a la implementación del Convenio de Minamata (Salud Sin Daño).

Desde el año 2008 la Asociación Médica Mundial llamó a la sustitución de los insumos que contenían mercurio por alternativas más seguras, por medio de una resolución emitida el mismo año. La Unión Europea en el mismo año prohibió en el sector de salud y área doméstica el uso de termómetros con mercurio (Salud Sin Daño).

En el año 2009, el gobierno de Argentina emitió por medio de una resolución del Ministerio de Salud de la Nación; donde indica instrucciones a hospitales y centros de salud para no comprar más termómetros y tensiómetros con mercurio. Taiwán ya tiene prohibido el uso de termómetros con mercurio y Estados Unidos eliminó los productos médicos con dicho metal (Salud Sin Daño).

El 5 de mayo de 1992 entró en vigor el Convenio Basilea, el cual resultó ser una respuesta a los problemas que son causados por la producción anual global de 400 millones de toneladas de desechos que son peligrosos para el hombre o el ambiente debido a sus características tóxicas, venenosas, explosivas, etc. Este tratado se encarga de regular el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y presenta obligaciones de las partes para asegurar el uso racional de dichos desechos. Guatemala es uno de los países de América Latina que forman parte del Convenio Basilea (RAP-AL, 2000).

En Guatemala, se ha venido trabajando en investigaciones relacionadas: Un estudio realizado en el 2008, mostró que la cantidad de mercurio presente en 12 hospitales de la Ciudad de Guatemala fue de 26.781 kg; donde una de las principales fuentes de mercurio eran los termómetros (Contreras, 2008).

Otro estudio efectuado en hospitales de Guatemala en el 2011, reveló que no existen procedimientos de control o tratamientos de los desechos de mercurio, además el personal no está capacitado con las medidas de seguridad para el manejo de los desechos del metal (Vargas, 2011). Además en un estudio efectuado en el 2013 en hospitales, se informó que la principal fuente de mercurio era por Amalgamas del metal (León, 2013).

En el 2014 se desarrolló otro estudio en un hospital privado de la ciudad de Guatemala, donde se determinó que los instrumentos que aportaron mayor cantidad de mercurio fueron los esfigmomanómetros (80.91% del estudio), seguido por los termómetros (14.85%) y los manómetros no clínicos (con un 2.36%) del mercurio total cuantificado durante el estudio. Además se demostró que el manejo de los desechos de mercurio se encontraba deficiente, puesto que se depositaba en basureros comunes (Villavicencio, 2014).

## B. Justificación

El mercurio es considerado uno de los metales más tóxicos para el ser humano; es el único metal que puede encontrarse de forma líquida a temperatura ambiente. Tanto el mercurio elemental como sus derivados son altamente tóxicos para la salud del ser humano, la flora y la fauna del planeta. El uso incorrecto y manejo de sus desechos han provocado una gran cantidad de problemas de intoxicación aguda y crónica a lo largo de la historia. A raíz de esto ha surgido la necesidad de controlar las emisiones de mercurio, su exportación, importación y la disposición de sus desechos a nivel global. Existen normativas empleadas en muchos países para el control de todos los problemas medioambientales y de salud que dicho metal ocasiona.

En Guatemala no existen estudios sobre el uso y disposición del mercurio en industrias o instituciones educativas. Sin embargo, se han publicado estudios acerca de la cantidad de mercurio y la gestión de sus desechos en hospitales nacionales y del interior del país. Con estos se ha determinado que no existe un control o procedimientos establecidos con los que el personal pueda guiarse para manejar o descartar los desechos.

La Universidad del Valle de Guatemala se caracteriza por ser una institución educativa involucrada con la protección del medio ambiente y la promoción de la cultura de reciclaje y limpieza para contrarrestar la contaminación dentro del país. Por esta razón es de suma importancia desarrollar el diagnóstico de la estimación de la cantidad de mercurio y evaluar la gestión de sus desechos dentro del campus central de la Institución. De esta manera se propondrá un plan para el correcto manejo de desechos y uso del mercurio a partir del año 2016. Con esto se contribuirá con la reducción de utilización de mercurio y el compromiso ambiental que la Universidad posee.

### C. Planteamiento del problema

¿Qué cantidad estimada de mercurio hay presente en las aulas, bodegas, oficinas y laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala y cómo se lleva a cabo actualmente la gestión de sus desechos dentro de la institución?

### D. Alcance y limitantes del problema

#### 1. Alcance

Cuantificar la cantidad de mercurio presente en las aulas, bodegas, oficinas y laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala Campus Central. Además se evaluará la gestión de sus desechos y una propuesta de mejora en la disposición de los mismos dentro del campus.

#### 2. Límites

Resultados aplican para el Campus Central.

### III. MARCO TEÓRICO

#### A. Mercurio generalidades

El mercurio se caracteriza por ser un metal con aspecto líquido a temperatura ambiente, tiene el símbolo químico Hg y una masa molar de 200.6 g/mol. Dicho compuesto se encuentra de forma natural como mercurio orgánico e inorgánico. El mercurio inorgánico abarca el Hg<sup>0</sup> (elemental o metálico), los iones Hg<sup>+</sup> que son mercuriosos y los Hg<sup>2+</sup> que se denominan mercurícos; los últimos dos casi siempre están en forma de sales. Por otro lado el mercurio orgánico abarca los arilmercuriales, alquimercuriales y los alcoxilalquimercuriales (Vélez *et al* 2010).

Se considera probablemente como el metal más nocivo que existe. Tiene una gran capacidad de difusión, ya que tiene una temperatura de evaporación baja (casi la temperatura del ambiente). Se encuentra más concentrado en zonas frías y montañosas. Al exponerse a pequeñas concentraciones puede llegar a provocar daños irreversibles en el cerebro, riñones, debilitar de forma progresiva los músculos, sistema nervioso, entre otros (Castells 2012).

Se estima que por año se utilizan alrededor de 30 toneladas de mercurio solo para elaborar termómetros. Por esta razón la Unión Europea (UE) tiene como propósito erradicar su uso, así como en la producción de materiales de tipo electrónico (Castells 2012).

El mercurio elemental es la forma más volátil de todas las formas inorgánicas que existen, cuando existe exposición a sus vapores se da en el medio ocupacional y se conoce desde la antigüedad. En minería se usa en extracción y purificación de oro. Generalmente en la minería artesanal no se toman precauciones en el manejo del mercurio, por lo que los trabajadores tienen exposiciones ocupacionales de forma directa e indirecta por medio de agua y alimentos contaminados (Vélez *et al* 2010).

Sales de mercurio inorgánico: se encuentra en los dos estados de oxidación como se mencionó anteriormente. Se usa en producción de piezas electrónicas, fabricación de plásticos, tinturas, explosivos, curtidumbres, germicidas, entre otros (Vélez *et al* 2010).

Mercurio orgánico: usado en varias ocupaciones como elaboración de los medicamentos, fungicidas, algunos preservantes de madera, entre otros (Vélez *et al* 2010).

## B. Mercurio en el ambiente

Globalmente, el mercurio proviene de procesos volcánicos y llega a evaporarse hacia la atmósfera; de esta manera puede ser inhalado por los seres humanos o bien, transportado por medio de las corrientes de aire hasta llegar a fuentes de agua, donde por medio del metabolismo microbiano puede cambiar de forma a metilmercurio. El metilmercurio es un compuesto de mercurio que tiene la capacidad de acumularse en los organismos en un fenómeno llamado bioacumulación y luego llegar a introducirse a las cadenas tróficas lo cual se conoce como biomagnificación (Vélez *et al* 2010).

El proceso mencionado anteriormente fue responsable de muchas epidemias que fueron por envenenamiento. El más claro ejemplo es el de la liberación de los compuestos orgánicos del mercurio que ocurrió en Minamata (Japón) por la década de 1950. Dicho caso ocurrió porque se vertieron subproductos orgánicos del mercurio debido a la producción industrial del acetaldehído y este compuesto logró acumularse en los peces que luego eran el alimento de los residentes de la ciudad. De forma oficial se contaminaron 20,000 personas, 900 fallecieron y otros cientos más quedaron afectadas por la enfermedad llamada *enfermedad de Minamata* (Vélez *et al* 2010).

Existe una cantidad muy grande de procesos que involucran la manipulación del mercurio; lo cual conlleva a la contaminación del medio ambiente y a la intoxicación de las personas que trabajan con él. Los principales oficios relacionados con el uso del mercurio son: minería de oro y plata, joyería y compraventa de oro, fábrica de amalgamas, odontología, taxidermia, inmunización de madera, soda cáustica, fungicidas, manufactura de barómetros, termómetros, cloruro de vinilo, válvulas de radio, lámparas incandescentes, luces neón, pieles, fieltro, seda artificial, fotografía, entre otros (Vélez *et al* 2010).

A continuación se presenta un cuadro donde se enlistan algunas de las aplicaciones del mercurio y algunos de sus compuestos.

**Cuadro No. 1:** Utilización del mercurio y algunos de sus compuestos en industria

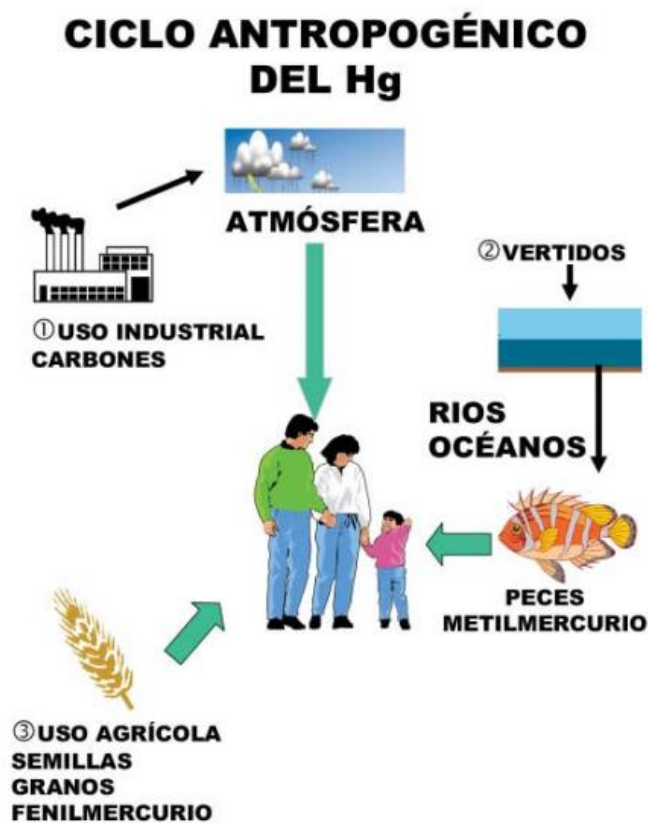
Propiedades FÍSICO-QUÍMICAS	Principales Utilizaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado líquido a temperatura ambiente</li> <li>• Punto de fusión -38.87 °C</li> <li>• Punto de ebullición 356.58 °C</li> </ul>	Barómetros, manómetros, termómetros y otros aparatos de medida
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad elevada (13.595 gr/cm<sup>3</sup> a 0 °C)</li> </ul>	Lámparas de difusión de vapor de mercurio (lámparas de radio y tubos de televisión)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensión de vapor baja a temperatura ordinaria y alta a temperatura elevada</li> <li>• Calor específico poco elevado</li> </ul>	Tubos fluorescentes y lámparas ultravioletas  Aparellaje eléctrico conmutadores, interruptores, etc.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líquido muy poco compresible</li> </ul>	Cátodos de cubas electrolíticas (producción de cloro y soda cáustica)

(Academia Nacional de Medicina 2006).

El mercurio tiene su ciclo en la naturaleza, el cual es un ciclo atmosférico; dicho ciclo permite que el mercurio se incorpore a la atmósfera por medio de la actividad volcánica y al proceso de desgasificación de dicho metal mediante la sublimación. Ya en la atmósfera puede inhalarse de forma directa por los seres humanos y animales o bien lograr incorporarse en las cadenas tróficas mediante el ciclo del agua (ver Figura 1).



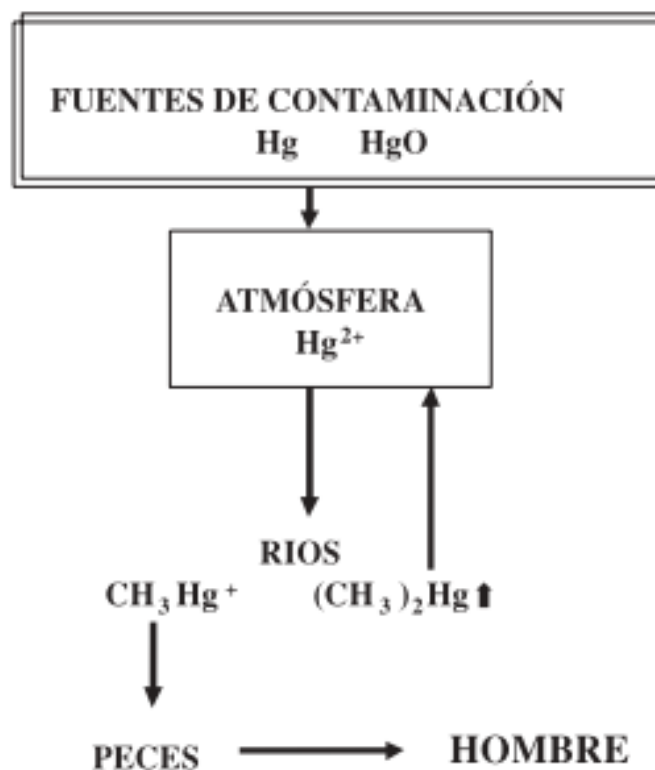
Figura No. 2: Ciclo antropogénico del mercurio



(Doadrio 2004).

En los ciclos por los que atraviesa el mercurio para incorporarse al ambiente y las cadenas tróficas, también sufre biotransformación. Esto ocurre más en el agua de los ríos debido a la presencia de microorganismos; donde se transforma en metilmercurio que es altamente tóxico y se incorpora a las cadenas tróficas. En la atmósfera se encuentra generalmente la forma  $Hg^{2+}$ , la cual se produce partiendo de otras especies como el dimetilmercurio (ver Figura 3).

**Figura No. 3:** Ciclo de biotransformación



(Doadrio 2004).

### C. Toxicocinética y toxicodinámica del mercurio

La toxicocinética del mercurio depende de la presentación del compuesto. La vía más importante de absorción es la respiratoria, se calcula que el 80% de los vapores que son inhalados se absorben desde el alveolo y esto es de suma importancia en el ámbito ocupacional. La vía digestiva es menos importante para el mercurio metálico, pero para los derivados orgánicos como el metilmercurio la absorción es de un 95% (10% de sales de mercurio se absorben después de la disociación de las formas divalentes como el cloruro de mercurio). Por otro lado las formas monovalentes necesitan ser oxidadas para ser absorbidas (Vélez *et al* 2010).

La absorción vía cutánea se da por medio del contacto con compuestos derivados órgano-mercuriales. También algunos polvos y ungüentos tienen HgCl (la sal inorgánica) (Vélez *et al* 2010).

**1. Distribución:** después de la etapa de absorción el 90% de los compuestos orgánicos se transportan por medio de los eritrocitos unidos a la hemoglobina y luego el 50% de los compuestos orgánicos se vehiculizan en el plasma unido a la albúmina. Entonces el mercurio se puede distribuir a todos los tejidos donde se concentra mayormente en riñones, hígado, bazo y sistema nervioso central (SNC) (Vélez *et al* 2010).

**2. Metabolismo:** se caracteriza por tener varias biotransformaciones. El mercurio que es elemental entra de forma fácil al SNC y se convierte en cationes mercúricos ( $Hg^{2+}$ ) por medio de la acción enzimática de hidrógeno peróxido catalasa. También puede sufrir metilación (Vélez *et al* 2010).

**3. Eliminación:** puede ser excretado dependiendo de la presentación en que se absorbió. El mercurio elemental y sales de mercurio pueden excretarse por vía renal y la del orgánico es principalmente fecal. La vida media del metal va a depender de la forma del mercurio como se describe en el siguiente cuadro:

**Cuadro No. 2:** Descripción de la vida media del mercurio según su forma química.

Forma del mercurio	Vida media biológica organismo en conjunto	Vida media biológica en órganos y tejidos
<b>Mercurio metálico y sales inorgánicas</b>	35 a 90 días	Pulmón: 1,7 días Riñón: 64 días Cerebro > 1 año
<b>Metilmercurio</b>	110 a 190 días Media: 120 días	Sangre: 70 días Cerebro: 120 días

(Vélez *et al* 2010).

**4. Toxicodinámica:** el mercurio se considera el elemento metálico más afín en medio biológico por los grupos sulfhidrido y en forma decreciente por otros grupos  $SH > CONH_2 > NH_2 > COOH > PO_4^{2-}$ . Es por esta razón que provoca una inhibición enzimática severa (glucosa-

6-fosfatasa, ATPasa, Fosfatasa alcalina, succinato deshidrogenasa, entre otras). Los efectos van a depender del compuesto y la toxicidad va a aumentar con la liposolubilidad, por lo que las formas orgánicas son más tóxicas (Rodríguez y Mayero 2000).

La primer diana es la membrana citoplasmática, donde se aumenta su permeabilidad con la unión y despolariza dicha membrana, logrando la inhibición de la ATPasa sódico-potásica y el transporte de los aminoácidos. El mercurio metálico se transforma en mercurio divalente por oxidación intracelularmente, el cual es la especie tóxica. Formas iónicas pueden unirse a grupos sulfhidrilo con inhibición enzimática y así sucesivamente. Su capacidad diurética se debe a interferencia en reabsorción del sodio en túbulos proximales; el organometálico disminuye la síntesis de macromoléculas principalmente de proteínas, pero también de ADN, ARN y ATP (Rodríguez y Mayero 2000).

#### D. Daños en la salud provocados por el mercurio

La toxicidad del mercurio va a depender de la forma química en la que se encuentre, de la cantidad o concentración, de la vulnerabilidad que tenga la persona expuesta y de la vía de exposición por la que se atraviese (Vélez *et al* 2010). Pueden presentarse dos tipos de intoxicación debido al mercurio, las cuales son:

**1. Intoxicación aguda:** se da seguido de la exposición inhalatoria a los vapores del mercurio elemental, pero es poco frecuente en medio de industria a menos que sea un accidente. Se inicia con un compromiso pulmonar y dolor torácico, neumonitis, tos, bronquitis, bronquiolitis, puede haber neumonía, edema pulmonar hasta falla respiratoria. Además se compromete el sistema digestivo con dolor abdominal, vómito, diarrea y náuseas (Vélez *et al* 2010). El *mercurio mercúrico*, puede provocar irritación y quemadura de piel y mucosas. Si se ingiere puede provocar gastroenteritis hemorrágica corrosiva y vómitos intensos, diarreas y cólicos abdominales. La exposición prenatal con el *mercurio organometálico* como el metilmercurio puede causar efectos teratógenos y neurotóxicos, dando ataxia, parestesias, disartria, alteración auditiva/visual y síntomas extrapiramidales (Rodríguez y Mayero 2000).

**2. Intoxicación crónica:** La exposición a vapores se define como la intoxicación más frecuente por mercurio elemental en la industria, provocando la manifestación clínica denominada “Hidrargirismo”. Logra provocar las siguientes alteraciones:

**a. Sistema Nervioso Central:** en primera fase se observan trastornos psíquicos y conductuales como irritabilidad, ansiedad, tristeza, temor, insomnio, pérdida de memoria, timidez en exceso, labilidad emocional, depresión o hiperexcitabilidad. Este conjunto de síntomas se llama “eretismo mercurial”. El síntoma más típico del hidrargirismo es el temblor que tiene origen cerebeloso y dificulta movimientos y precisión. Por esto es necesario hacer prueba de escritura para evaluar la evolución de la enfermedad o eficacia del tratamiento (Vélez *et al* 2010).

**b. Alteraciones digestivas:** náuseas, vómito, diarrea y el llamado “estomatitis mercurial” donde el principal síntoma presentado es la sialorrea, luego gingivitis y úlceras en mucosa oral. Se pueden caer los dientes y las encías se pueden poner con un color grisáceo azulado conocido como “ribete de Gilbert” (Vélez *et al* 2010).

**c. Alteraciones renales:** tanto el mercurio elemental como los orgánicos pueden causar daño directo en los glomérulos y los túbulos renales. Pudiendo llegar a causar insuficiencia renal (Vélez *et al* 2010).

**d. Cuando la intoxicación crónica es por sales de mercurio:** el síntoma más común es de tipo gastrointestinal como sabor a metálico, sensación de que la boca se quema, pérdida de dientes, náuseas, hipersalivación, proteinuria reversible y anormalidades neurológicas. El pronóstico es bastante favorable después de que se suspende la exposición a dicho metal (Vélez *et al* 2010).

**e. Si la intoxicación crónica es por metilmercurio:** el período puede ser de dos semanas a dos meses. Se caracteriza por astenia, depresión, apatía, algunas veces hay deterioro intelectual. Luego llegan las parestesias en lengua y boca (Vélez *et al* 2010).

## E. Análisis, diagnóstico y tratamiento

El análisis se efectúa por medio del estudio del compuesto metálico en la orina. Se consideran niveles normales si está en un rango de 0.1-6.9  $\mu\text{g/l}$ . Las personas que son trabajadores expuestos no deben pasar los 50  $\mu\text{g/l}$ ; sin embargo los síntomas aparecen cuando se pasan los 300  $\mu\text{g/l}$ . Si se realiza el análisis de suero el rango normal de mercurio debe ser de 0.6-3.8  $\mu\text{g/l}$  y en la sangre total debe ser de 1.7-9.9  $\mu\text{g/l}$  (Vélez *et al* 2010).

El diagnóstico puede llevarse a cabo mediante una serie de criterios clínicos combinados que deben analizarse. Desde la historia de exposición y las concentraciones del metal presentes en los líquidos biológicos. Se debe tomar en cuenta la complejidad cinética que posee el mercurio, ya que pueden haber personas con un cuadro clínico bien establecido y con valores del laboratorio normales; así como personas con altos niveles de mercurio y asintomáticos (Vélez *et al* 2010).

El tratamiento del mercurio es importante para evitar todos los efectos no deseados causados por este metal. Es de suma importancia que cuando se inicie el tratamiento, la exposición al metal sea suspendida completamente. Para el efecto se utilizan generalmente agentes quelantes; sin embargo existen pocos estudios controlados donde se evalúe si dichos quelantes aumentan realmente la excreción y mejorar el pronóstico de la intoxicación a largo plazo. Tampoco existen guías bien definidas donde se especifique su uso, sino que se basan más en reportes de casos (Vélez *et al* 2010).

Entre los agentes quelantes más utilizados están:

- 1. Ácido 2,3-dimercapto-1-propano sulfónico:** quelante que logra actuar donando grupos sulfhidrilos complejos e hidrosolubles con el mercurio, estos son excretados por la orina. Se considera el medicamento de primera línea según expertos de la Organización Mundial de la Salud en intoxicación por mercurio orgánico e inorgánico. La dosis utilizada es de 100-200 mg vía oral por 12 días en intoxicación aguda y 20 mg cada 12 horas cuando la intoxicación es crónica. Se administra 1 hora antes de comer con suficiente agua. Puede provocar fiebre, náuseas, reacciones cutáneas, entre otros (Vélez *et al* 2010).

**2. Ácido 2,3 dimercaptosuccínico (DMSA):** se le llama también “succiner” y ha demostrado que puede aumentar la excreción del mercurio según modelos animales. Se cree que puede disminuir las concentraciones de metilmercurio en el cerebro. Además se usa en pacientes intoxicados por mercurio inorgánico (Vélez *et al* 2010).

**3. Penicilamina:** derivado de la penicilina que no tiene actividad antimicrobiana. Este compuesto puede quelar metales como mercurio, plomo y cobre porque tiene grupos sulfidrilo en su estructura. Se absorbe de un 40-70% y puede disminuir al 35% si se da con alimentos. Se elimina por el riñón. Se administra 250 mg cada 6 horas por 10 días. Puede provocar fiebre, náuseas, diarrea, trombocitopenia, anemia, entre otros (Vélez *et al* 2010).

**4. Dimercaprol:** se conoce como *Brittis Anti-Lewisite* (BAL), se desarrolló por británicos en la II guerra mundial, ya que era antídoto de los gases que contenían arsénico usados por los alemanes. Este compuesto aumenta la excreción urinaria de los metales pesados formando compuestos estables que no son tóxicos y son solubles en agua. Fue el primer medicamento eficaz para tratar intoxicación por las sales de mercurio. No es efectivo contra compuestos orgánicos y ya casi no se usa debido a sus efectos adversos en un 55% de incidencia; tales como el rash, vómito, fiebre, hipertensión, cefalea, entre otros. Se administra 5 mg/kg vía intramuscular y luego 2.5 mg/kg cada 12-24 horas por 10 días (Vélez *et al* 2010).

**5. EDTA Ca:** este medicamento no logra reducir carga corporal del metal en el organismo, tiene baja afinidad y por eso no es recomendado (Vélez *et al* 2010).

**6. N-acetilcisteína (NAC):** según estudios animales se ha determinado que este medicamento ha fallado en ocasiones para reducir las concentraciones del metal tanto en cerebro como riñones (Vélez *et al* 2010).

## F. Alternativas para reducir el uso de mercurio

En la actualidad varios de los profesionales de salud tienen la mentalidad de que la utilización de mercurio es el único método preciso y exacto para la medición de la temperatura y la presión arterial. Sin embargo; esto no ocurre de esta manera, pues se encuentran ya en el mercado termómetros digitales que funcionan mediante un termistor que puede convertir la temperatura en una resistencia eléctrica. Dichos componentes son muy sensibles y precisos para las mediciones (SSD).

De la misma manera los tensiómetros son un reservorio de mercurio en la práctica médica. Se ha demostrado mediante una serie de estudios que los dispositivos que tienen mercurio al compararlos con los que no tienen mercurio reflejan resultados con la misma exactitud. Todo depende del mantenimiento que se le dé al equipo (SSD).

El instituto de minerales CIMEX de la U.N. en Medellín propuso una alternativa al uso del mercurio para recuperación del oro. Entre las mencionadas están: flotación espumante o realizar una mejora en la técnica de concentración gravitacional. Dichas alternativas promoverían el retiro del uso del mercurio y sería una propuesta viable en términos de productividad, economía y salud para los mineros y artesanales (Universidad Nacional de Colombia 2015).

Se tiene el temor en varios sectores de trabajadores sobre la disponibilidad de los dispositivos alternativos al mercurio; esto debido al problema de accesibilidad por costos. Esto afecta más a los países que se encuentran con economías en vías de desarrollo; ya que tendrían que tomar en cuenta los costos mediante una planificación estratégica a nivel nacional. Por otro lado, países como Estados Unidos donde los costos de descontaminación han conllevado a que usar las alternativas del mercurio sea la opción más económica (SSD).

Según una publicación de PNUMA el traslape a la utilización de los productos alternativos al mercurio puede tornarse difícil debido a:

1. Ausencia o falta de información y conciencia acerca del riesgo que implica el uso del mercurio (PNUMA 2006).
2. Costo elevado de algunos productos alternativos (PNUMA 2006).

3. Algunos productos que tienen mercurio están instalados dentro de otros componentes (interruptores) (PNUMA 2006).
4. Carencia de accesibilidad a los comerciantes minoritarios (PNUMA 2006).
5. Laboratorios, industrias y médicos pueden generar una barrera de resistencia al cambio (PNUMA 2006).

## G. Procedimiento en caso derrames de mercurio para evitar la exposición física

Cuando ocurre un derrame de mercurio por rotura de un instrumento, es de suma importancia evitar dispersar en el suelo los residuos del metal con los zapatos. Hay que informar a todo el personal presente cerca del sitio del derrame y retirarlos; únicamente el personal que va a limpiar el derrame debe permanecer en el sitio. Si hay presencia de aire acondicionado en el área, hay que apagarlo inmediatamente para evitar dispersión de gases, evitar contacto con piel y ventilar el lugar (MSP 2010).

Evitar usar la escoba, cepillos o bien aspiradoras para realizar la limpieza del mercurio. No descartarlo en bolsas que se usan para incineración porque a mayor temperatura aumenta la contaminación ambiental por el metal (MSP 2010).

El Ministerio de Salud Pública en el año 2010 propone un kit de limpieza básico para el control de los pequeños derrames del mercurio, el cual incluye:

1. Recipiente sólido con tapa ajustable o rosca que permita hermeticidad, en el interior debe tener 5 cm de agua y debe rotularse así: *DEPÓSITO TRANSITORIO DE MERCURIO*
2. Bolsas herméticas (como ziplock)
3. Bolsas de basura (20 micras de espesor como mínimo)
4. Frascos plásticos con tapa hermética (como los de recolección de orina)
5. Guantes de nitrilo o látex
6. Toallas de papel
7. Tiras de cartón o placa de mica
8. Cuentagotas o jeringa (sin aguja) puede ser de 3-5 mL (no necesita estar estéril)

9. Cinta adhesiva ancha

10. Linterna

Inicialmente hay que utilizar los guantes de látex o nitrilo si existen residuos de vidrio u objetos punzocortantes hay que recogerlos con precaución y colocarlos sobre una toalla de papel, doblarla e introducirla dentro de la bolsa hermética rotulada. Para recoger las gotas de mercurio puede usarse el cartón como una pala, la cinta adhesiva o el cuentagotas y transferirlo al recipiente hermético debidamente rotulado (MSP 2010).

Usar la linterna de forma horizontal a la superficie del derrame, ya que así se identifican otras gotas de mercurio que brillarán con la luz y se pueden retirar. El mercurio puede ser limpiado de forma fácil de las superficies siguientes: madera, cerámica, linóleo. Si se derramó sobre alfombras, cortinas o tapizados es necesario descartar la pieza completa. Colocar todos los insumos empleados para la recolección del desecho en una bolsa plástica rotulada, dentro del depósito que está rotulado como *DEPÓSITO TRANSITORIO DE MERCURIO* (MSP 2010).

## H. Procedimiento para desechos de mercurio

El mercurio, sus derivados y sus desechos no pueden ser destruidos; de tal manera que solo pueden ser aislados para evitar su circulación por el medio ambiente y así evitar intoxicaciones en seres humanos, fauna y flora (PNUMA 2006). Al manejar los desechos de mercurio es necesario tomar en cuenta las siguientes precauciones:

1. Separar productos con mercurio de los demás desechos antes de realizar su procedimiento de descarte (PNUMA 2006).
2. Si se almacenarán los desechos de mercurio, deben estar en recipientes herméticos para evitar que exista evaporación, fugas o derrames accidentales (PNUMA 2006).
3. Desechos con mercurio pueden reciclarse y recuperarse, tomando en cuenta siempre las precauciones para evitar emisiones del metal al medio ambiente o contaminación personal (PNUMA 2006).
4. Desechos que tienen concentraciones muy bajas pueden descartarse en recipientes que sean aprobados (PNUMA 2006).

5. Otros desechos del mercurio pueden ser descartados en recipiente especial para desechos peligrosos o de forma subterránea muy profundo (PNUMA 2006).
6. Desechos que contengan mercurio jamás deben de incinerarse o quemarse (solo si hay mecanismos de control de emisión de gases) (PNUMA 2006).

## IV. MARCO METODOLÓGICO

### A. Objetivos

#### 1. Generales

- a. Generar un diagnóstico que permita estimar la cantidad de mercurio que se encuentra en las aulas, bodegas, oficinas y laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala (Campus central).
- b. Verificar que conocimiento existe para la realización del manejo de los desechos del mercurio según las normativas vigentes en la Universidad del Valle de Guatemala.
- c. Diseñar una propuesta de mejora para el manejo y disposición de los desechos de mercurio en la Universidad del Valle de Guatemala.

#### 2. Específicos

- a. Identificar las áreas y fuentes donde existe mayor concentración de mercurio metálico.
- b. Identificar los instrumentos que todavía cuentan con mercurio dentro del campus central y hacer un inventario de los mismos.
- c. Revisar la gestión de los desechos de mercurio en las aulas, bodegas, oficinas y laboratorios del Campus Central.
- d. Idear una propuesta de alternativas al uso de mercurio para su sustitución a partir del año 2016.

- e. Elaborar un plan de mejora para el manejo actual de desechos de mercurio en la Universidad del Valle de Guatemala, tomando en cuenta medidas de protección personal para disminuir el riesgo de intoxicación.

## B. Población

Universidad del Valle de Guatemala

## C. Muestra

Campus Central (aulas, bodegas, oficinas y laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala).

## D. Procedimiento

1. Revisión de literatura acerca del mercurio, sus generalidades, alternativas para sustitución, efectos tóxicos en el ser humano y medio ambiente, importancia de su erradicación y control.
2. Elaboración del proyecto de investigación (antecedentes y metodología).
3. Presentación para la realización del proyecto.
4. Identificación de áreas de recolección de datos en el campus central de la Universidad del Valle de Guatemala por medio de encuestas (Anexo 1) y la tabla acerca del inventario de mercurio *toolkit* de PNUMA (Anexo 2).

A continuación la distribución de las áreas para recolección de datos en el campus central:

**Figura No. 4:** Mapa de la Universidad del Valle de Guatemala (Campus Central)



(Fuente: Departamento de Seguridad UVG).

Las áreas se distribuyeron de la siguiente manera para la recolección de datos en la tabla *toolkit* de PNUMA:

**Cuadro No. 3:** Distribución de áreas dentro del campus central.

Área	Edificio
1	II-1
2	II-2
3	M
4	A
5	K
6	J-1, J
7	I
8	H
9	G
10	F
11	E
12	B
13	C, C-1, D

5. Investigación respecto a la gestión de los desechos de mercurio en la Universidad estudiada. Para ello se tomó como referencia el Instrumento de evaluación utilizado en la tesis de Gloria Celeste Vargas *Eliminación de desechos de mercurio (Hg) en los hospitales de más de 50 camas de la ciudad de Guatemala*. El instrumento de evaluación se validó tomando en cuenta a 5 personas con las mismas características de la población final, se evaluaron las respuestas y se hicieron los ajustes necesarios. El instrumento se aplicó al personal de mantenimiento, limpieza, bodega de química, biología, enfermería y operaciones unitarias; ya que es el personal que se encuentra en contacto directo con el manejo de desechos.

6. Tabulación de los datos que se obtuvieron y la información que se recopiló

7. Análisis y discusión de los resultados obtenidos durante el estudio.

8. Elaboración del informe final de investigación.

## E. Diseño de investigación

El estudio presentado a continuación es de tipo descriptivo, ya que se evaluó la cantidad del mercurio presente en las aulas, bodegas, oficinas y laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala, por medio de la tabla *toolkit* de PNUMA (Anexo 2). Se desarrollaron encuestas para evaluar la gestión de los desechos de mercurio dentro del campus central y como método de recolección de datos. Se analizaron los resultados de la recolección de datos y se hizo una propuesta de alternativas o mejoramiento de la disposición de los desechos del mercurio dentro de la Universidad. De esta forma se contribuye a la disminución del riesgo de intoxicaciones de las personas que hacen uso de las instalaciones del campus y la contaminación del medio ambiente.

## F. Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva para analizar los datos recopilados. Los resultados se presentaron en cuadros y gráficas.

## V. MARCO OPERATIVO

### A. Recopilación y tratamiento de datos

Los datos se recopilaron por medio de los instrumentos de medición presentes en los Anexos 1 y 2. Se trataron por medio de análisis estadístico descriptivo, el cual incluye tablas y gráficos. Además de forma descriptiva según correspondió.

### B. Recursos

#### 1. Recursos materiales

- a. Equipo de cómputo con herramientas estadísticas
- b. Fuentes primarias (libros, artículos científicos)
- c. Páginas web de organizaciones importantes (Salud sin daño, Organización Mundial de la Salud, entre otras)
- d. Cuaderno de notas, lapiceros y hojas para las encuestas
- e. Tabla guía para estimar la cantidad de mercurio
- f. Universidad de estudio
- g. Medio de transporte y alimentación

#### 2. Recursos humanos

Autora: Rosmery Godoy Javier

Asesora: MSc. Carolina Guzmán Quilo

Director de Carrera: Dr. Élfego Rolando López

Personal de las diferentes áreas de la Universidad del Valle de Guatemala

**Cuadro No. 4.1:** Estimación de mercurio en los insumos y equipo utilizado en la Universidad del Valle de Guatemala mediante la tabla *Toolkit* de PNUMA (Anexo 2).

Hoja de inventario de mercurio													
Fuente	Mercurio	Peso aproximado por unidad (g)	Total de unidades contadas							Subtotal (g)	Clase de fuente	Clase total (g)	% del total de las 7 áreas
			Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7				
			Edificio										
			II-1	II-2	M	A	K	J,J-1	I				
<b>Esfigmomanómetro</b>											<b>Esfigmomanómetro</b>	162.000	54.051%
	Esfigmomanómetros Trimline	70.000								0.0			
	Baum or Baxter	83.000								0.0			
	Esfigmomanómetro Empire	90.000								0.0			
	Otra marca	81.000							2	0.0			
<b>No clínico</b>											<b>No clínico</b>	0.000	0.000%
Kit de reparación de esfigmomanómetro	Masa Hg, Lb (30 mL*botella)	454.000								0.0			
	Masa HG, ml	13.600								0.0			
	Masa Hg, fl. Oz.	394.400								0.0			
Medidores de presión	barómetro 20 plg	800.000								0.0			
	barómetro 30 plg	1850.000								0.0			
	vacuómetros									0.0			
	manómetros	2.000								0.0			
<b>Termómetros</b>											<b>Termómetros</b>	24.000	17.427%
	Temperatura corporal	0.500								0.0			
	de 4-6 plg	2.000								0.0			
	de 7 plg	4.000								0.0			
	de 10-12 plg	6.000								0.0			
	de laboratorio	8.000	3							24.0			
	mínimo y máximo (comida, etc)	2.000								0.0			
	de caldera	10.000								0.0			

**Cuadro No. 4.2:** Estimación de mercurio en los insumos y equipo utilizado en la Universidad del Valle de Guatemala mediante la tabla *Toolkit* de PNUMA (Anexo 2).

Hoja de inventario de mercurio													
Fuente	Mercurio	Peso aproximado por unidad (g)	Total de unidades contadas							Subtotal (g)	Clase de fuente	Clase total (g)	% del total de las 7 áreas
			Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7				
			Edificio										
			II-1	II-2	M	A	K	J,J-1	I				
Alumbrado											Alumbrado	11.71644	3.909%
	Fluorescentes 48"	0.006225	270	273	68	422	27	614	184	11.566			
	Fluorescentes en U	0.006225						2		0.012			
	Fluorescentes 24"	0.004								0			
	Compactas (ahorradoras)	0.00363						35	3	0.137			
	Sodio de alta presión/vapor mercurio	0.135								0			
	Radiofónicas									0			
	Ultravioleta 24 plg	0.022								0			
Amalgamas											Amalgamas	0	0
	Mezcla natural	460								0			
	Mezcla mecánica 1	0.355								0			
	Mezcla mecánica 2	0.296								0			
Aparatos interruptores											Aparatos interruptores	102	34.032%
	Tubo de rayos X (PBL - 4 por tubo)	2								0			
	barostato de sistema de vacío	15								0			
	barostatos de caldera	4								0			
	switches de plataforma de calentamiento	34								0			
	termostatos	3	4	11	3			12	4	102			
	otros:									0			
Mercurio orgánico										0	Mercurio orgánico	0	0
Mercurio inorgánico										0	Mercurio inorgánico	0	0
	Acetato de Mercurio									0			
	Sulfato de Mercurio									0			
	Nitrato de Mercurio									0			
	Mercurio (II) Ioduro rojo									0			
	Mercurio metálico									0			
Otros aparatos											Otros aparatos	0	0
	otros:									0			
	otros:									0			
	<b>Total de la localización del mercurio</b>		<b>277</b>	<b>284</b>	<b>71</b>	<b>422</b>	<b>27</b>	<b>665</b>	<b>191</b>	<b>0</b>	<b>total mercurio metálico (g)</b>	<b>299.7164 g</b>	

**Cuadro No. 5.1:** Estimación de mercurio en los insumos y equipo utilizado en la Universidad del Valle de Guatemala mediante la tabla *Toolkit* de PNUMA (Anexo 2).

Hoja de inventario de mercurio												
Fuente	Mercurio	Peso aproximado por unidad (g)	Total de unidades contadas						Subtotal (g)	Clase de fuente	Clase total (g)	% del total de las 6 áreas
			Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13				
			Edificio									
			H	G	F	E	B	C, C-1, D				
<b>Esfigmomanómetro</b>										<b>Esfigmomanómetro</b>	0.000	0.000%
	Esfigmomanómetros Trimline	70.000							0.000			
	Baum or Baxter	83.000							0.000			
	Esfigmomanómetro Empire	90.000							0.000			
	Otra marca	81.000							0.000			
<b>No clínico</b>										<b>No clínico</b>	5550.000	66.097%
Kit de reparación de esfigmomanómetro	Masa Hg, Lb (30 mL*botella)	454.000							0.000			
	Masa HG, ml	13.600							0.000			
	Masa Hg, fl. Oz.	394.400							0.000			
Medidores de presión	barómetro 20 plg	800.000							0.000			
	barómetro 30 plg	1850.000				1		2	5550.000			
	vacuómetros								0.000			
	manómetros	2.000							0.000			
<b>Termómetros</b>										<b>Termómetros</b>	144.000	1.715%
	Temperatura corporal	0.500							0.000			
	de 4-6 plg	2.000							0.000			
	de 7 plg	4.000							0.000			
	de 10-12 plg	6.000							0.000			
	de laboratorio	8.000				2		16	144.000			
	mínimo y máximo (comida, etc)	2.000							0.000			
	de caldera	10.000							0.000			

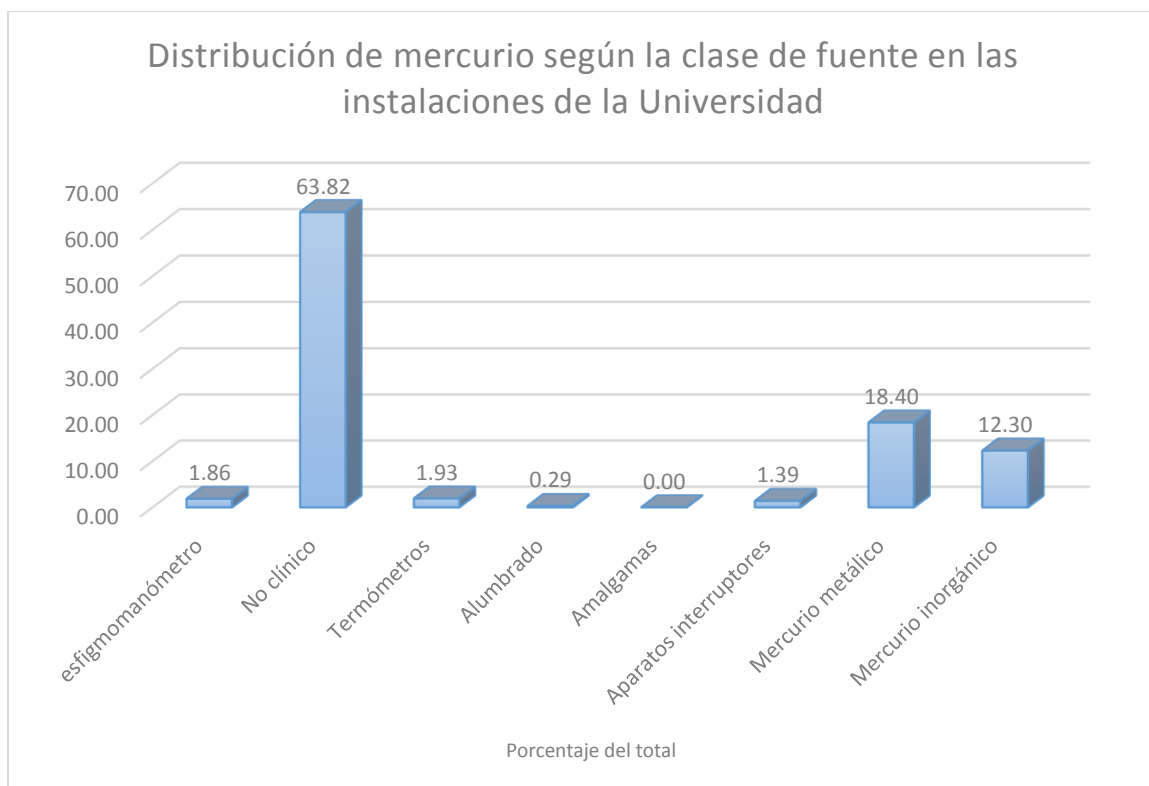
**Cuadro No. 5.2:** Estimación de mercurio en los insumos y equipo utilizado en la Universidad del Valle de Guatemala mediante la tabla *Toolkit* de PNUMA (Anexo 2).

Hoja de inventario de mercurio												
Fuente	Mercurio	Peso aproximado por unidad (g)	Total de unidades contadas						Subtotal (g)	Clase de fuente	Clase total (g)	% del total de las 6 áreas
			Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13				
			Edificio									
			H	G	F	E	B	C, C-1, D				
Alumbrado										Alumbrado	13.661	0.162%
	Fluorescentes 48"	0.006225	88	86	255	176	578	966	13.377			
	Fluorescentes en U	0.006225	2		20				0.136			
	Fluorescentes 24"	0.004			2		22		0.096			
	Compactas (ahorradoras)	0.00363					8		0.029			
	Sodio de alta presión/vapor mercurio	0.135							0			
	Radiofónicas								0			
	Ultravioleta 24 plg	0.022						1	0.022			
Amalgamas										Amalgamas	0	0
	Mezcla natural	460							0			
	Mezcla mecánica 1	0.355							0			
	Mezcla mecánica 2	0.296							0			
Aparatos interruptores										Aparatos interruptores	19	0.226%
	Tubo de rayos X (PBL - 4 por tubo)	2							0			
	barostato de sistema de vacío	15							0			
	barostatos de caldera	4				1			4			
	switches de plataforma de calentamiento	34							0			
	termostatos	3			5				15			
	otros:								0			
Mercurio orgánico										Mercurio orgánico	0	0
Mercurio inorgánico										Mercurio inorgánico	1070	12.743%
	Acetato de Mercurio							150 g	150			
	Sulfato de Mercurio							230 g	230			
	Nitrato de Mercurio							120 g	120			
	Mercurio (II) Ioduro rojo							570 g	570			
	Mercurio metálico							1600 g	1600			
Otros aparatos										Otros aparatos	0	0
	otros:								0			
	otros:								0			
	<b>Total de la localización del mercurio</b>		<b>90</b>	<b>86</b>	<b>282</b>	<b>180</b>	<b>608</b>	<b>985</b>	<b>0</b>	<b>Total mercurio metálico</b>	<b>7,326.661 g</b>	
										<b>Total mercurio inorgánico</b>	<b>1,070.000 g</b>	
										<b>Total</b>	<b>8,396.661 g</b>	

**Cuadro No. 6:** Distribución del mercurio según la clase de fuente

Clase de fuente	Clase total (g)	Porcentaje del total
esfigmomanómetro	162.00	1.86 %
No clínico	5,550.00	63.82 %
Termómetros	168.00	1.93 %
Alumbrado	25.38	0.29 %
Amalgamas	0.00	0.00 %
Aparatos interruptores	121.00	1.39 %
Mercurio metálico	1,600.00	18.40 %
Mercurio inorgánico	1,070.00	12.30 %
Total	8,696.38	100.00%

Fuente: Datos obtenidos durante el estudio

**Gráfico No. 1:** Distribución de mercurio según la clase de fuente

**Cuadro No. 7:** Estimación de la cantidad de mercurio por área de la Universidad

Área	Edificio	Gramos de Hg (g)	Porcentaje del total
1	II-1	37.680	0.43%
2	II-2	34.699	0.40%
3	M	9.423	0.11%
4	A	2.627	0.03%
5	K	0.168	0.00%
6	J,J-I	201.965	2.32%
7	I	13.156	0.15%
8	H	0.560	0.01%
9	G	0.535	0.01%
10	F	16.719	0.19%
11	E	1,871.095	21.52%
12	B	3.770	0.04%
13	C,C-I,D	6,504.035	74.79%
	<b>Total</b>	8,696.436	100.00%

Fuente: Datos obtenidos durante el estudio

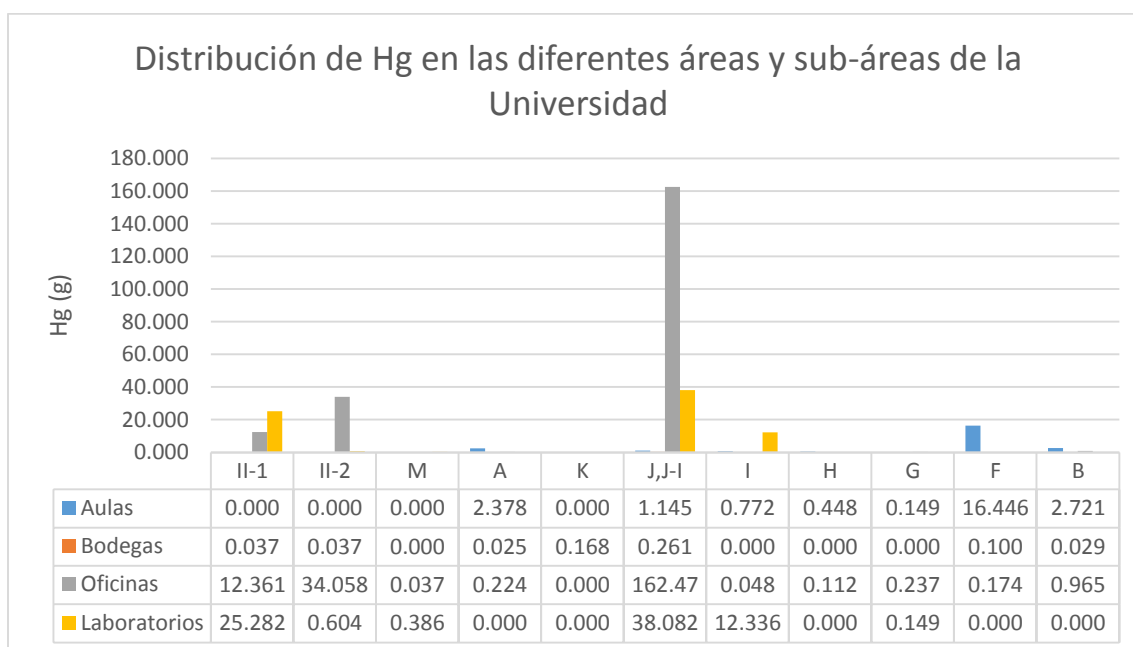
**Nota:** en el área 13 se estimaron 6,504.03535 g de Hg; de los cuales 2,670.00 g son de Hg inorgánico.

**Cuadro No. 8:** Distribución de la cantidad de mercurio según las áreas y sub-áreas de la Universidad

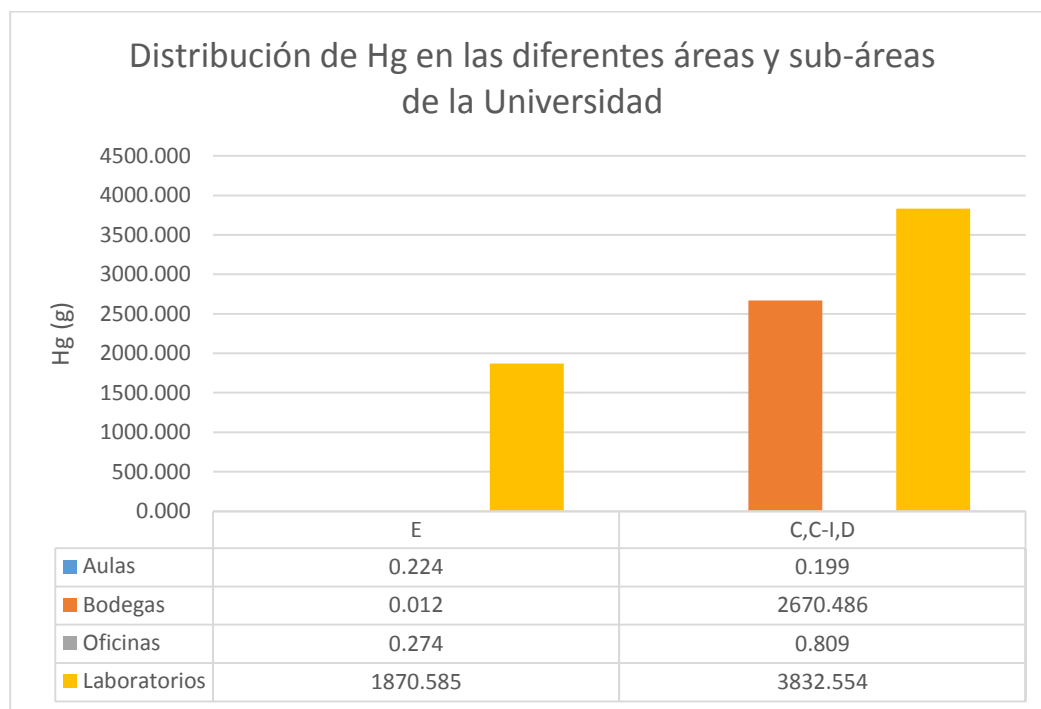
Área	Edificio	Aulas (g)	Bodegas (g)	Oficinas (g)	Laboratorios (g)	Total (g)
1	II-1	0.000	0.037	12.361	25.282	37.681
2	II-2	0.000	0.037	34.058	0.604	34.699
3	M	0.000	0.000	0.037	0.386	0.423
4	A	2.378	0.025	0.224	0.000	2.627
5	K	0.000	0.168	0.000	0.000	0.168
6	J,J-I	1.145	0.261	162.473	38.082	201.962
7	I	0.772	0.000	0.048	12.336	13.156
8	H	0.448	0.000	0.112	0.000	0.560
9	G	0.149	0.000	0.237	0.149	0.535
10	F	16.446	0.100	0.174	0.000	16.720
11	E	0.224	0.012	0.274	1,870.585	1,871.096
12	B	2.721	0.029	0.965	0.000	3.715
13	C,C-I,D*	0.199	2,670.486	0.809	3,832.554	6,504.048
	<b>Total</b>	<b>24.483</b>	<b>2,671.156</b>	<b>211.773</b>	<b>5,779.978</b>	

Fuente: Datos obtenidos durante el estudio

**Gráfico No. 2:** Distribución de mercurio en las áreas y sub-áreas con menor cantidad del metal dentro de la Universidad.



**Gráfico No. 3:** Distribución de mercurio en las áreas y sub-áreas con mayor cantidad del metal dentro de la Universidad



**Nota:** en este gráfico se indican las áreas y sub-áreas con mayor carga del metal dentro de la Universidad. Se denotan las áreas 11 que corresponde al edificio E y 13 que corresponde a los edificios C, C-I y D.

**Cuadro No. 9:** Personal encuestado y nivel de escolaridad

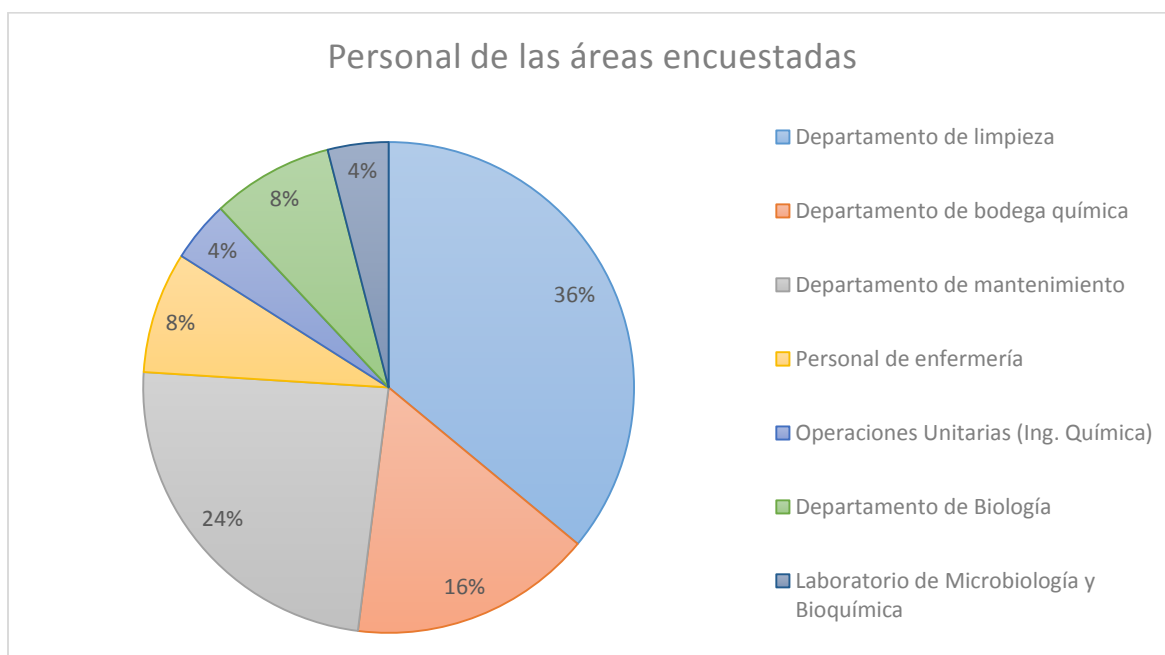
<b>Departamento</b>	<b>Población real</b>	<b>Muestra encuestada</b>	<b>Porcentaje de la población total que fue encuestado</b>	<b>Nivel de escolaridad del personal encuestado</b>
<b>Ingeniería Química (Laboratorio operaciones Unitarias)</b>	3	1	33.33%	1 Técnico II
<b>Bioquímica y Microbiología</b>	1	1	100%	1 Técnico II
<b>Biología</b>	2	2	100%	1 técnico IV 1 auxiliar
<b>Enfermería</b>	2	2	100%	2 Enfermeras profesionales
<b>Química</b>	4	4	100%	4 Técnicos
<b>Mantenimiento y limpieza</b>	39	15	38.46%	1 Técnico I 14 auxiliares de mantenimiento y limpieza

Fuente: Datos obtenidos durante la investigación

**Cuadro No. 10:** Distribución del personal de la Universidad encuestado

Área	Cantidad	Porcentaje del total
Departamento de limpieza	9	36.00%
Departamento de bodega química	4	16.00%
Departamento de mantenimiento	6	24.00%
Personal de enfermería	2	8.00%
Otro:		
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	4.00%
Departamento de Biología	2	8.00%
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	4.00%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Gráfico No. 4:** Distribución de personal encuestado de las diferentes áreas de la Universidad

**Cuadro No. 11:** ¿Se encarga usted de descartar algún tipo de material o insumo?

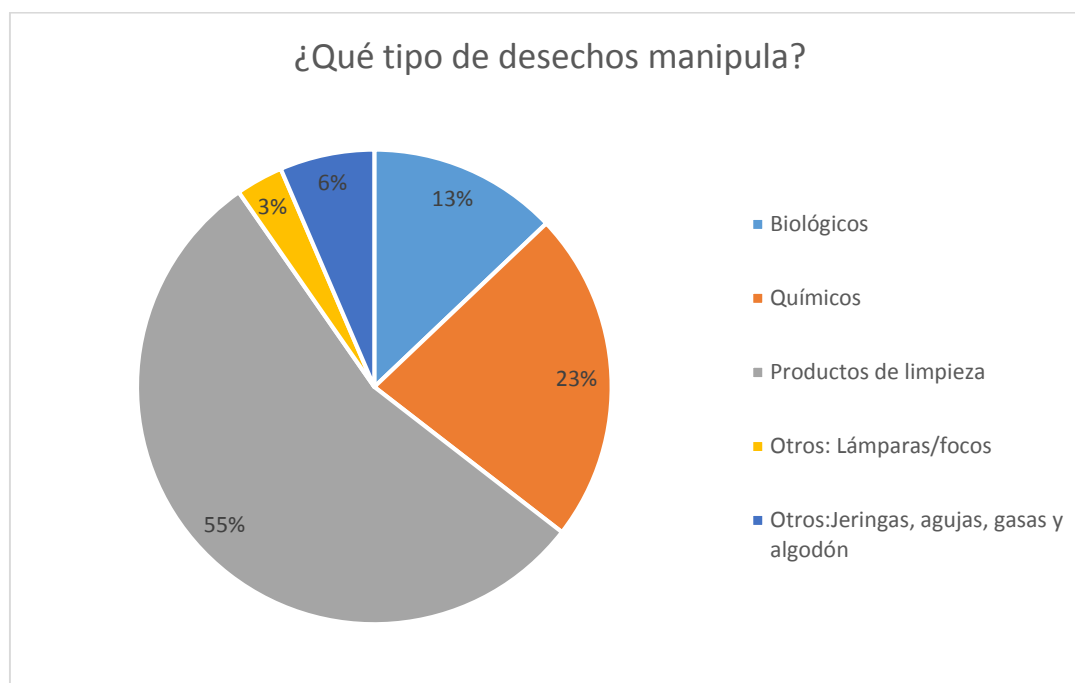
<b>Área</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
Departamento de limpieza	9	0.00
Departamento de bodega química	4	0.00
Departamento de mantenimiento	6	0.00
Personal de enfermería	2	0.00
<b>Otro:</b>		
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	0.00
Departamento de Biología	2	0.00
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0.00
<b>Sumatoria</b>	25	0.00
<b>Porcentaje del total</b>	100%	0.00%

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Cuadro No. 12:** ¿Qué tipo de desechos manipula?

Área	Tipo de desecho				
	Biológicos	Químicos	Productos de limpieza	Lámparas /focos	Jeringas, agujas, gasas y algodón
Departamento de limpieza	0	0	9	0	0
Departamento de bodega química	0	4	0	0	0
Departamento de mantenimiento	0	0	6	0	0
Personal de enfermería	2		0	0	2
<b>Otro:</b>					
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	0	0	1	1	0
Departamento de Biología	1	2	0	0	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	1	1	0	0
<b>Sumatoria</b>	4	7	17	1	2
<b>Total</b>	31				
<b>Porcentaje del total</b>	13%	23%	55%	3%	6%

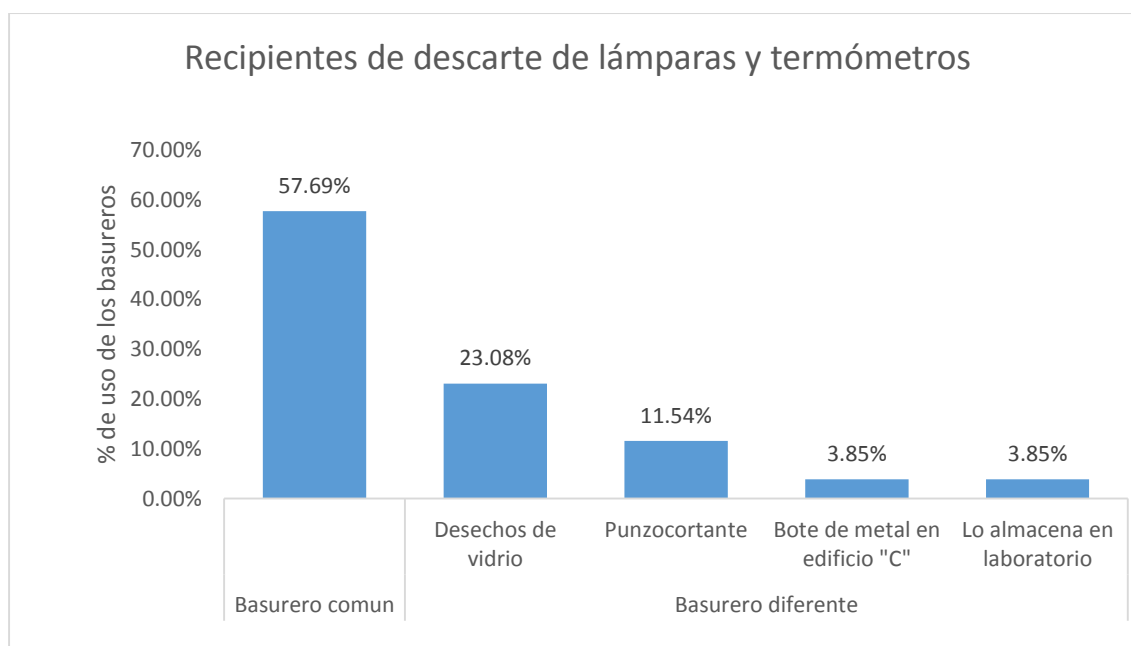
Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Gráfico No. 5:** Tipo de desechos que manipula el personal

**Cuadro No. 13:** ¿En dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros, etc?

Área	Basurero común	Basurero diferente, ¿de qué tipo?			
		Basurero para desechos de vidrio	Punzocortantes	Bote de metal en edificio "C"	Lo almacena en laboratorio
Departamento de limpieza	9	0	0	0	0
Departamento de bodega química	1	3	0	0	0
Departamento de mantenimiento	5	0	0	1	0
Personal de enfermería	0	0	2	0	0
Otro:					
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	0	1	0	0	0
Departamento de Biología	0	2	1	0	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	0	0	0	0	1
<b>Sumatoria</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>total</b>	<b>26</b>				
<b>Porcentaje del total</b>	<b>57.69%</b>	<b>23.08%</b>	<b>11.54%</b>	<b>3.85%</b>	<b>3.85%</b>

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

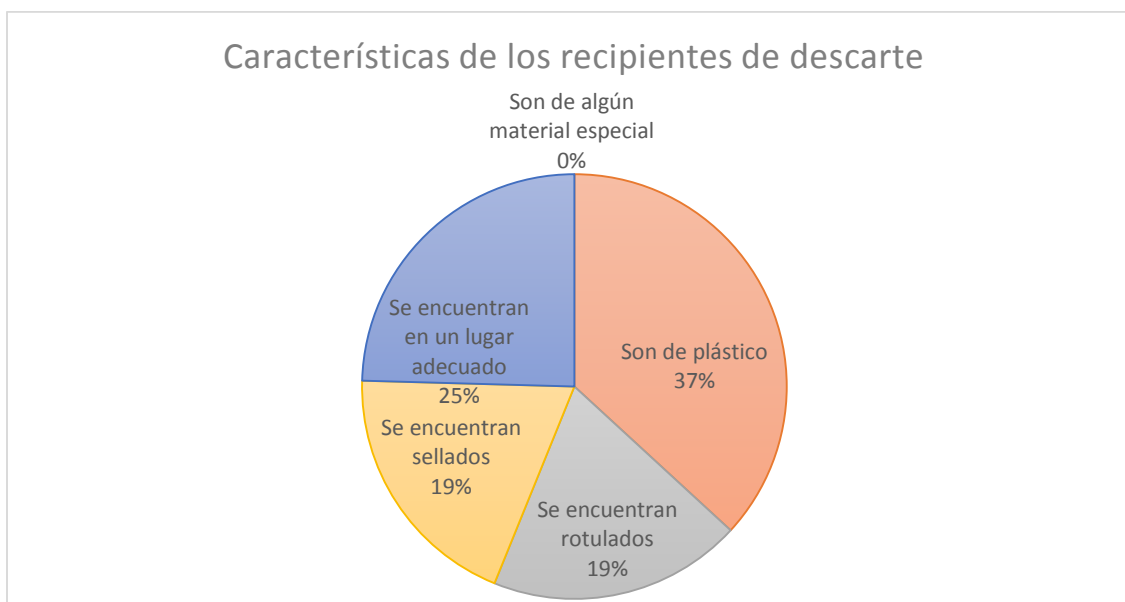
**Gráfico No. 6:** ¿En dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros, etc?

**Cuadro No. 14:** ¿Qué características poseen los recipientes de descarte (de todo el material de desecho)?

Área	Características				
	Son de algún material especial	Son de plástico	Se encuentran rotulados	Se encuentran sellados	Se encuentran en un lugar adecuado
Departamento de limpieza		8	3	3	4
Departamento de bodega química		3	3	1	1
Departamento de mantenimiento		4	1	2	4
Personal de enfermería		2	1	2	2
<b>Otro:</b>					
Operaciones Unitarias (Ing. Química)		1			1
Departamento de Biología		2	2	2	2
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica		1	1	1	
<b>Sumatoria</b>	0	21	11	11	14
<b>total</b>	57				
<b>Porcentaje del total</b>	0.00%	36.84%	19.30%	19.30%	24.56%

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Gráfico No. 7:** Características que poseen los recipientes de descarte según el personal encuestado.

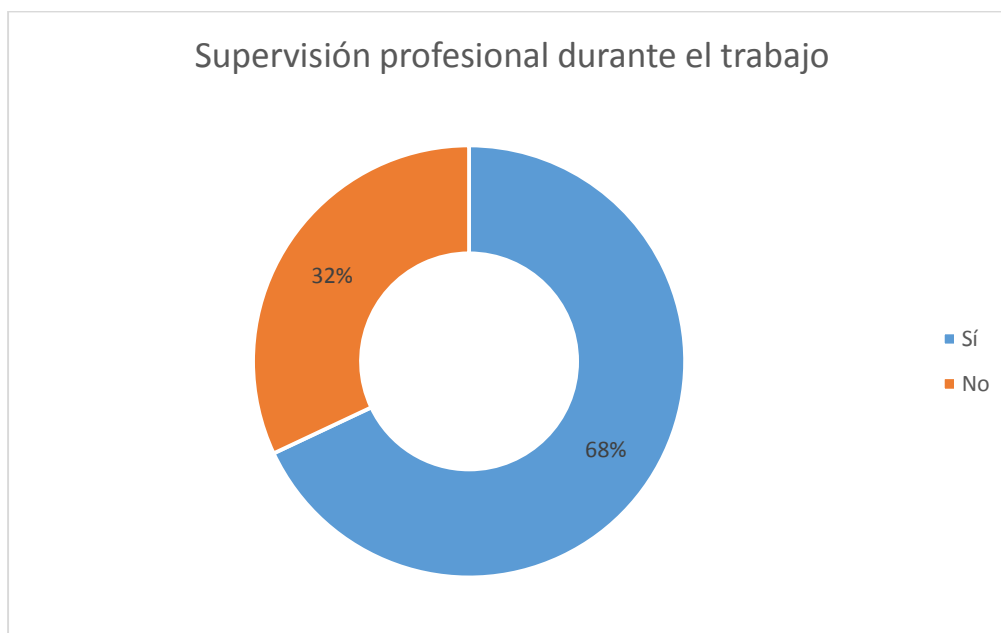


**Cuadro No. 15:** ¿Existe alguna supervisión profesional durante la ejecución de su trabajo?

Área	Sí	No
Departamento de limpieza	7	2
Departamento de bodega química	3	1
Departamento de mantenimiento	4	2
Personal de enfermería		2
<b>Otro:</b>		
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	0
Departamento de Biología	1	1
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0
<b>Sumatoria</b>	17	8
<b>Total</b>	25	
<b>Porcentaje del total</b>	68.00%	32.00%

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

\*En esta pregunta, algunos de los encuestados respondieron que no reciben supervisión profesional durante la ejecución de su trabajo, debido a que son jefes de área.

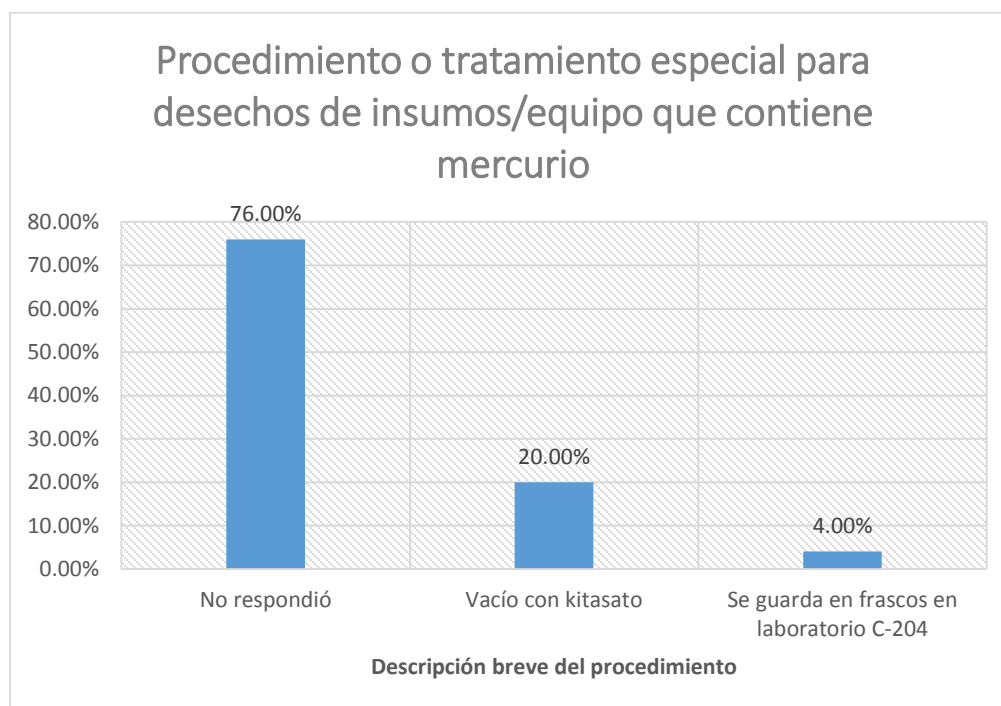
**Gráfico No. 8:** ¿Existe alguna supervisión profesional durante la ejecución de su trabajo?

**Cuadro No. 16:** ¿Realiza algún procedimiento o tratamiento especial para los desechos de insumos y equipo que contiene mercurio?

Área	Describirlo brevemente		No respondió
	Vació con kitasato para derrames	Se guarda en frascos en laboratorio C-204	
Departamento de limpieza			9
Departamento de bodega química	3	1	
Departamento de mantenimiento			6
Personal de enfermería			2
Otro:			
Operaciones Unitarias (Ing. Química)			1
Departamento de Biología	2		
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica			1
<b>Sumatoria</b>	5	1	19
<b>total</b>	25		
<b>Porcentaje del total</b>	20.00%	4.00%	76.00%

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

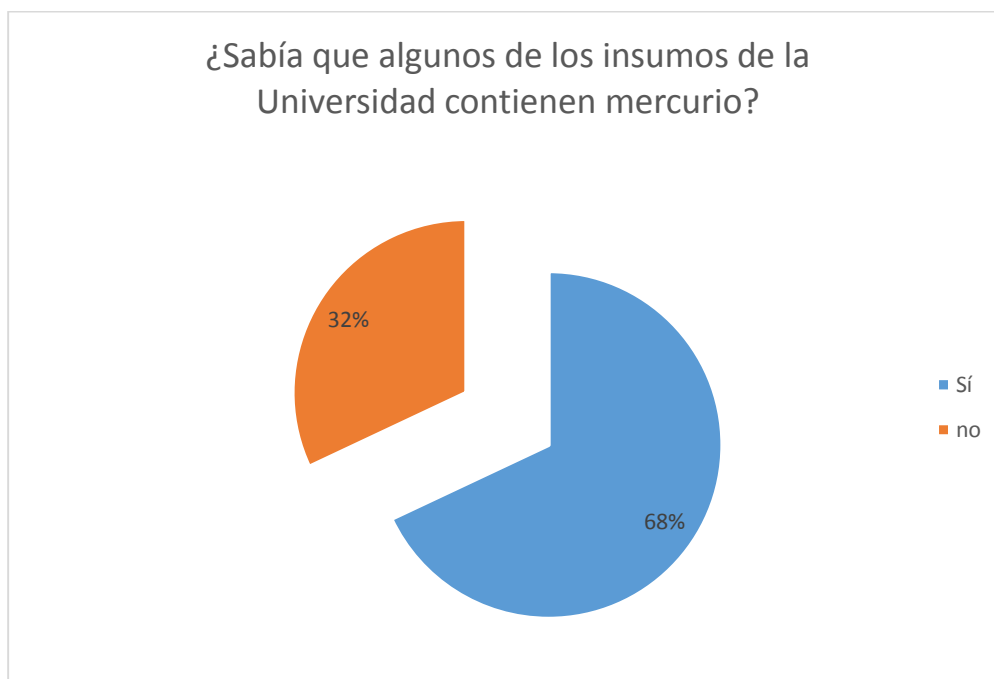
**Gráfico No. 9:** Procedimiento o tratamiento que se realiza para la gestión de los desechos o derrames de mercurio



**Cuadro No. 17:** ¿Sabía usted que algunos de los insumos de la Universidad contienen mercurio?

Área	Sí	No
Departamento de limpieza	5	4
Departamento de bodega química	4	0
Departamento de mantenimiento	2	4
Personal de enfermería	2	0
Otro:		
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	0
Departamento de Biología	2	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0
<b>Sumatoria</b>	17	8
<b>Total</b>	25	
<b>Porcentaje del total</b>	68.00%	32.00%

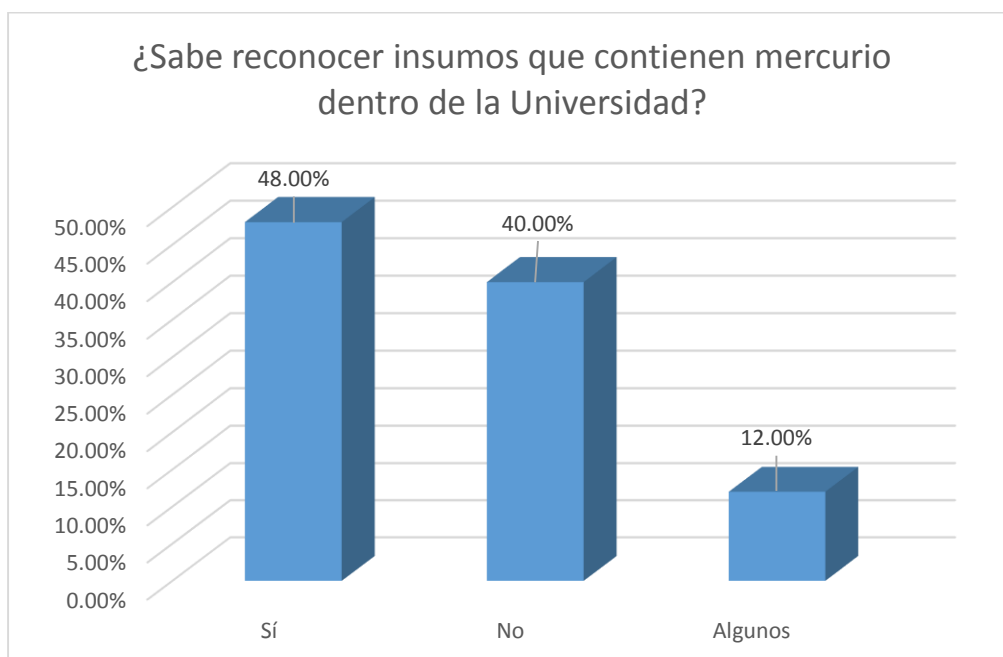
Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Gráfica No. 10:** ¿Sabía usted que algunos insumos de la Universidad contienen mercurio?

**Cuadro No. 18:** ¿Sabe reconocer este tipo de insumos?

Área	Sí	No	Algunos
Departamento de limpieza	3	5	1
Departamento de bodega química	4	0	0
Departamento de mantenimiento	1	4	1
Personal de enfermería	1	0	1
Otro:			
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	0	0	1
Departamento de Biología	2	0	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0	0
<b>Sumatoria</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>Total</b>	<b>25</b>		
<b>Porcentaje del total</b>	<b>48.00%</b>	<b>40.00%</b>	<b>12.00%</b>

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

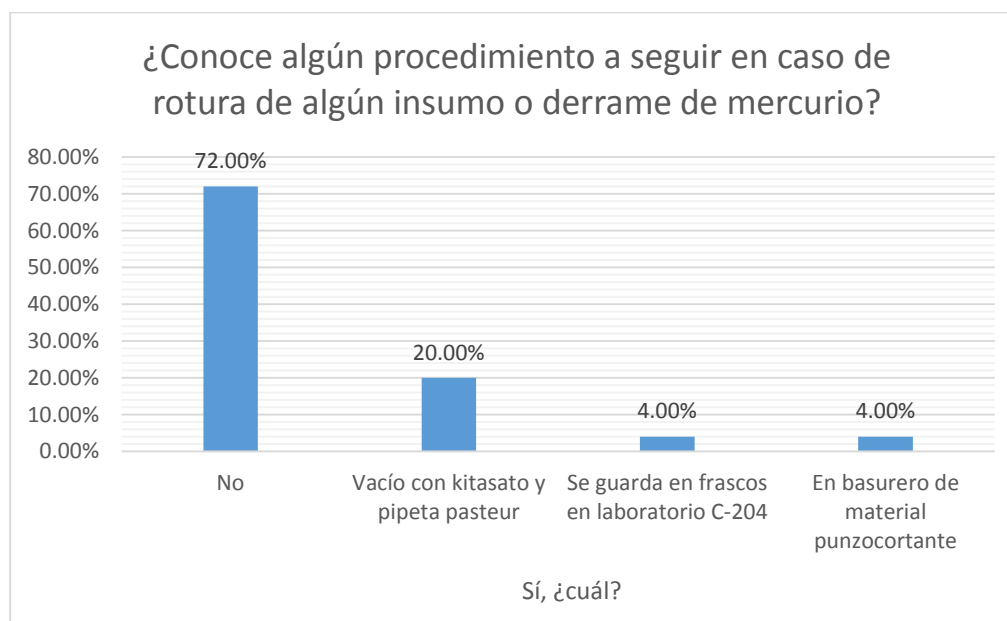
**Gráfico No. 11:** ¿Sabe reconocer este tipo de insumos?

**Cuadro No. 19:** ¿Tiene conocimiento de algún procedimiento a seguir en caso de rotura de algún insumo u otro derrame de mercurio? (p.e. termómetros, focos o lámparas ahorradoras)

Área	No	Sí, ¿cuál?		
		Vacío con kitasato y pipeta pasteur	Se guarda en frascos en laboratorio C-204	En basurero de material punzocortante
Departamento de limpieza	9	0	0	0
Departamento de bodega química	0	3	1	0
Departamento de mantenimiento	6	0	0	0
Personal de enfermería	1			1
Otro:				
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	0	0	0
Departamento de Biología		2	0	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0	0	0
<b>Sumatoria</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>total</b>		<b>25</b>		
<b>Porcentaje del total</b>	<b>72.00%</b>	<b>20.00%</b>	<b>4.00%</b>	<b>4.00%</b>

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Gráfico No. 12:** Conocimiento de procedimientos a seguir en caso de rotura de un insumo o derrame de mercurio

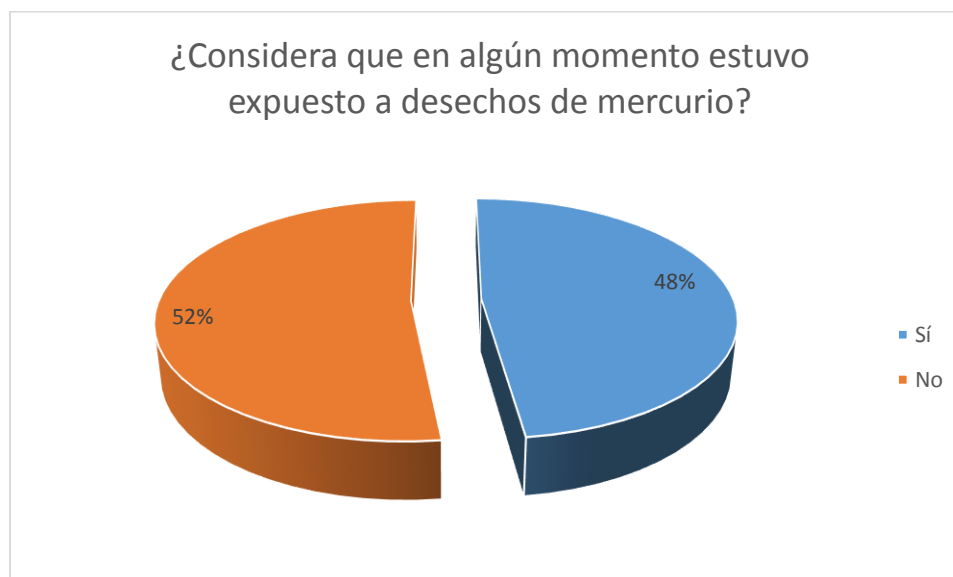


**Cuadro No. 20:** ¿Considera que en algún momento estuvo expuesto a desechos de mercurio dentro de la Universidad del Valle de Guatemala?

Área	Sí	No
Departamento de limpieza	4	5
Departamento de bodega química	3	1
Departamento de mantenimiento	1	5
Personal de enfermería	0	2
<b>Otro:</b>		
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	0
Departamento de Biología	2	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0
<b>Sumatoria</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>total</b>	<b>25</b>	
<b>Porcentaje del total</b>	<b>48.00%</b>	<b>52.00%</b>

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

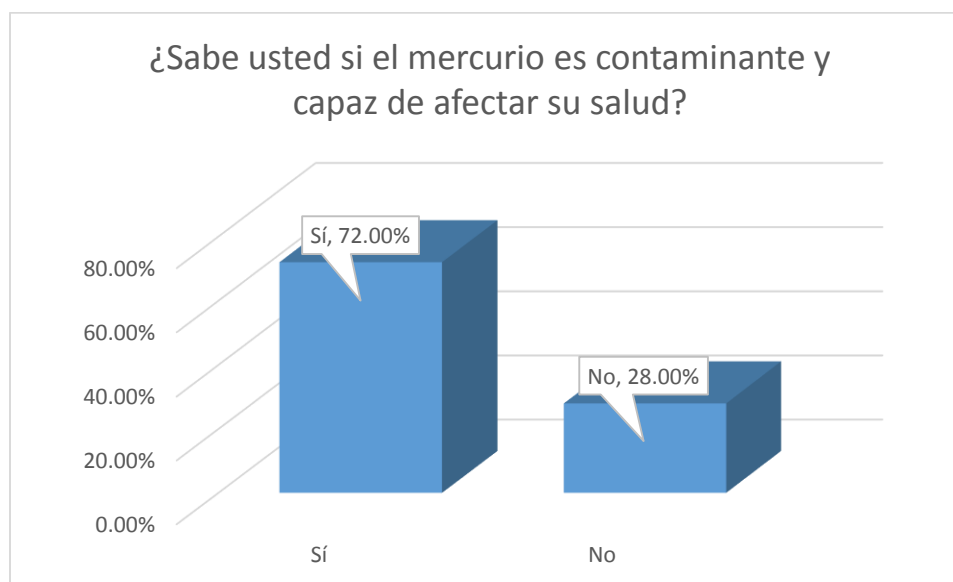
**Gráfico No. 13:** Exposición a desechos de mercurio



**Cuadro No. 21:** ¿Sabe usted si este material es contaminante y capaz de afectar su salud?

Área	Sí	No
Departamento de limpieza	6	3
Departamento de bodega química	4	
Departamento de mantenimiento	3	3
Personal de enfermería	2	0
<b>Otro:</b>		
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	0
Departamento de Biología	1	1
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0
<b>Sumatoria</b>	18	7
<b>Total</b>	25	
<b>Porcentaje del total</b>	72.00%	28.00%

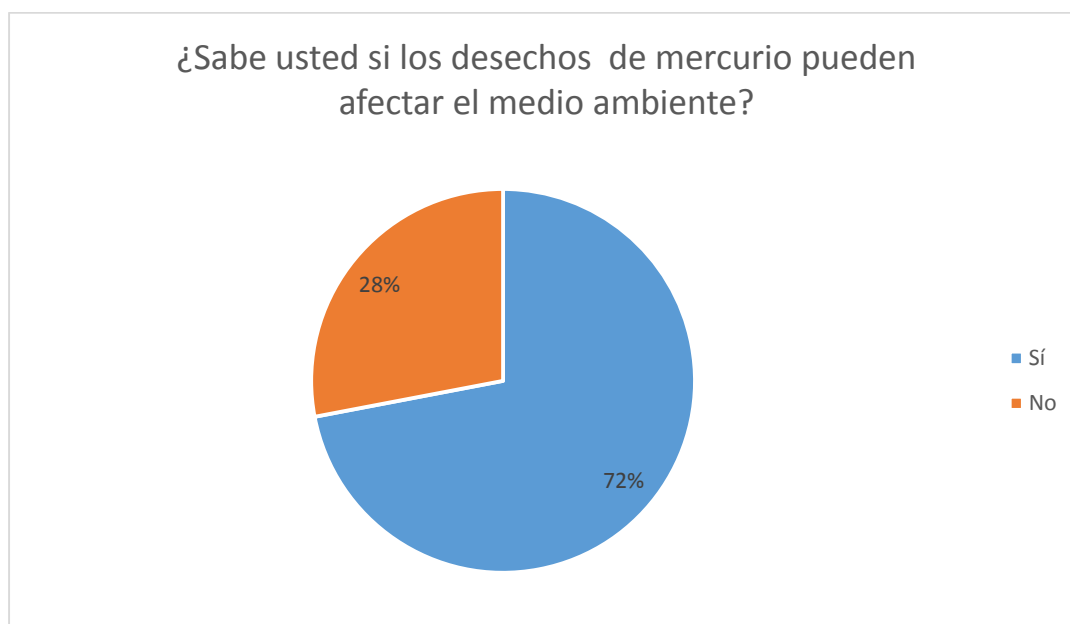
Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Gráfico No. 14:** ¿Sabe si el mercurio es contaminante y capaz de afectar su salud?

**Cuadro No. 22:** ¿Sabe si los desechos de mercurio pueden afectar el medio ambiente?

Área	Sí	No
Departamento de limpieza	7	2
Departamento de bodega química	4	0
Departamento de mantenimiento	2	4
Personal de enfermería	2	0
<b>Otro:</b>		
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	0
Departamento de Biología	1	1
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0
<b>Sumatoria</b>	18	7
<b>Total</b>	25	
<b>Porcentaje del total</b>	72.00%	28.00%

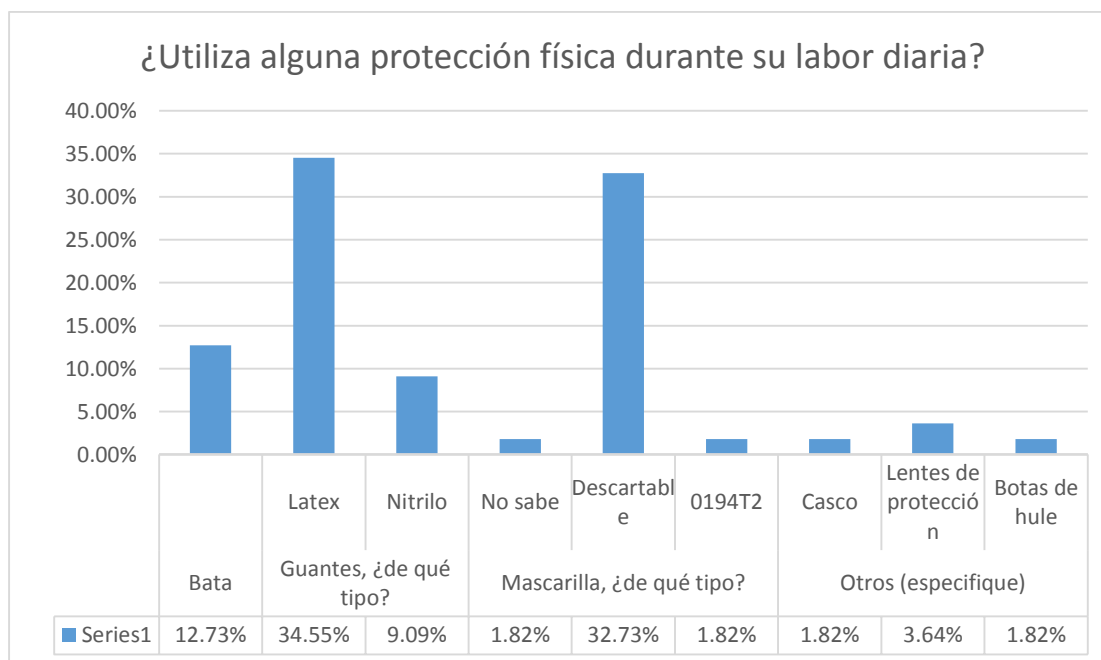
Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Gráfica No. 15:** ¿Sabe usted si los desechos de mercurio pueden afectar el medio ambiente?

**Cuadro No. 23:** Durante su labor diaria de limpieza, ¿utiliza alguna protección física?

Área	Bata	Guantes, ¿de qué tipo?		Mascarilla, ¿de qué tipo?			Otros (especifique)		
		Latex	Nitrilo	No sabe	Descartable	0194-T2	Casco	Lentes de protección	Botas de hule
Departamento de limpieza	0	8	0	1	7	0	0	0	1
Departamento de bodega química	4	1	4	0	4	0	0	0	0
Departamento de mantenimiento	0	5	0	0	4	0	0	1	0
Personal de enfermería	0	2	0	0	1	0	0	0	0
<b>Otro:</b>									
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Departamento de Biología	2	2	0	0	2	0	0	0	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	1	1	0	0	1	0	1	0
<b>Sumatoria</b>	7	19	5	1	18	1	1	2	1
<b>Total</b>	55								
<b>Porcentaje del total</b>	12.73%	34.55%	9.09%	1.82%	32.73%	1.82%	1.82%	3.64%	1.82%

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

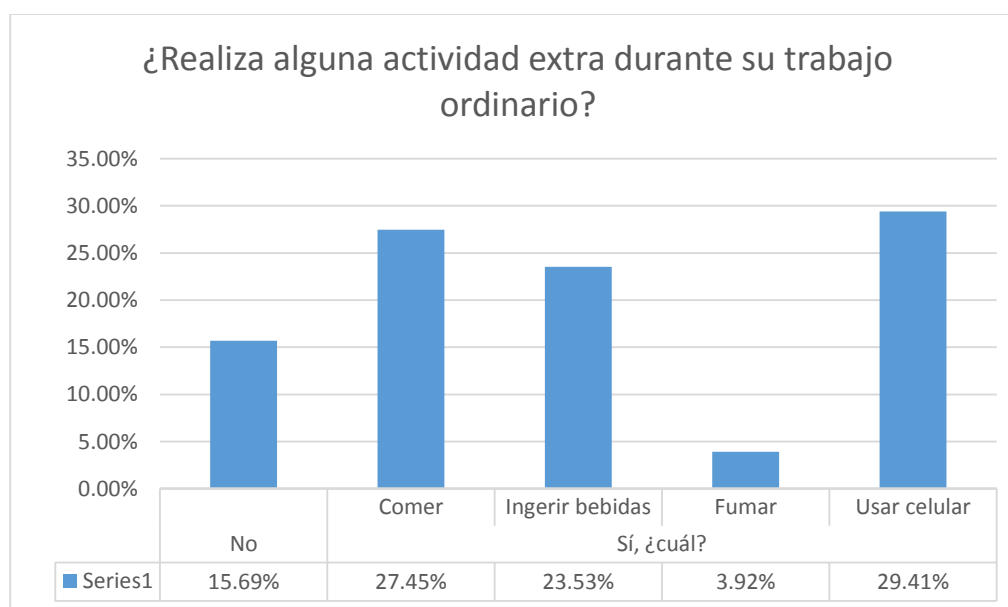
**Gráfico No. 16:** Tipo de protección física utilizada durante el trabajo

**Cuadro No. 24:** Durante su trabajo ordinario realiza otras actividades, ¿cuáles?

Área	No	Sí, ¿cuál?			
		Comer	Ingerir bebidas	Fumar	Usar celular
Departamento de limpieza	3	6	5		4
Departamento de bodega química		3	3	2	4
Departamento de mantenimiento	3	3	2		3
Personal de enfermería		1	1		2
Otro:					
Operaciones Unitarias (Ing. Química)					1
Departamento de Biología	1	1	1		1
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1				
<b>Sumatoria</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>15</b>
<b>total</b>	<b>51</b>				
<b>Porcentaje del total</b>	15.69%	27.45%	23.53%	3.92%	29.41%

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

Nota: el personal que indicó que fuma, se refería a fumar en horarios de receso afuera del campus educativo.

**Gráfico No. 17:** Actividades extras realizadas por el personal mientras labora

**Cuadro No. 25:** ¿Ha recibido alguna capacitación especial para el manejo de los desechos que contienen mercurio?

Área	Sí, ¿cuándo? ¿quién la impartió?	No
Departamento de limpieza	0	9
Departamento de bodega química	0	4
Departamento de mantenimiento	0	6
Personal de enfermería	0	2
Otro:		
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	0	1
Departamento de Biología	0	2
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	0	1
<b>total</b>	0	25
<b>Porcentaje del total</b>	0.00%	100.00%

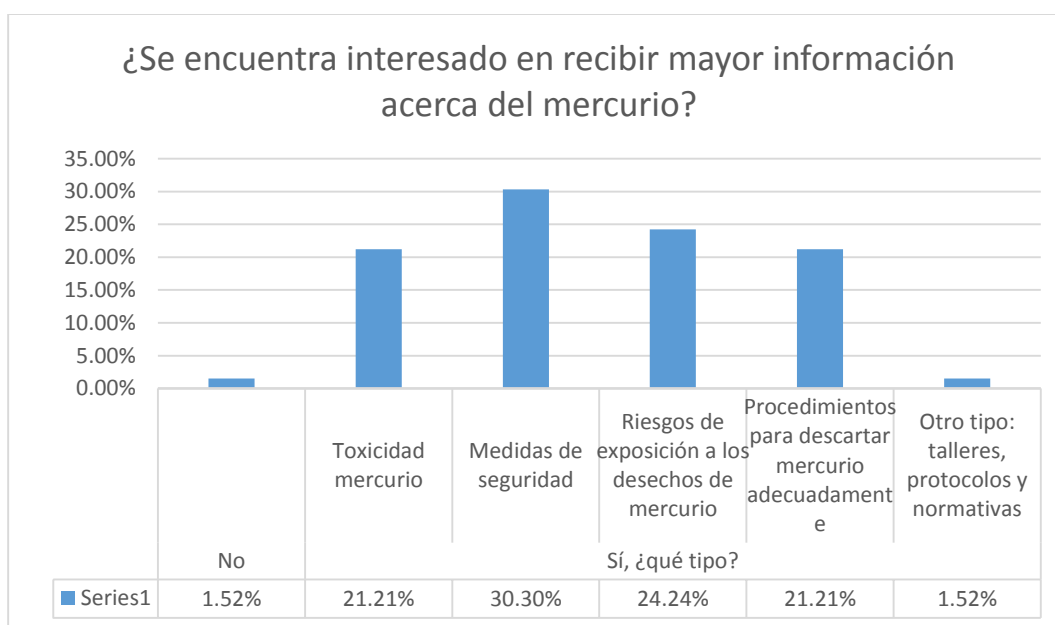
Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

Nota: Ninguno recibió capacitación especial para el manejo de desechos que contienen mercurio; los procedimientos que conocen les han sido explicados de forma breve por sus superiores, pero no una capacitación formal.

**Cuadro No. 26:** ¿Está interesado en recibir mayor información acerca del mercurio?

Área	No	Sí, ¿qué tipo?				
		Toxicidad mercurio	Medidas de seguridad	Riesgos de exposición a los desechos de mercurio	Procedimientos para descartar mercurio adecuadamente	Otro tipo: talleres, protocolos y normativas
Departamento de limpieza	0	4	6	3	3	0
Departamento de bodega química	0	2	4	4	4	0
Departamento de mantenimiento	1	3	4	3	1	0
Personal de enfermería	0	1	2	2	2	0
Otro:						
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	0	1	1	1	1	0
Departamento de Biología	0	2	2	2	2	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	0	1	1	1	1	1
<b>Sumatoria</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>66</b>					
<b>Porcentaje del total</b>	1.52%	21.21%	30.30%	24.24%	21.21%	1.52%

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

**Gráfico No. 18:** Información que el personal está interesado en recibir

**Cuadro No. 27:** Observación *in situ*. Equipo de protección que el personal utiliza durante la gestión de desechos.

Área	Bata o uniforme				Mascarilla		Cofia		Zapatos		Guantes		Accesorios	Otros		
	Con bolsas	Cerrado adecuadamente	Completo	Limpio	Tiene	No tiene	Tiene	No tiene	Cerrados	Bajos	Nitrilo	Latex	Joyas	Casco	Lentes graduados	Lentes de protección
Departamento de limpieza	5	5	5	0	4	1	0	5	5	5	0	5	4	0	0	0
Departamento de bodega química	4	4	4	4	4		0	4	4	4	0	4	2	0	1	4
Departamento de mantenimiento	3	3	3	3		3	0	3	3	3	0	2	2	0	1	0
Personal de enfermería	2	2	2	2	1	1	0	2	2	2	0	2	2	0	1	0
Otro:																
Operaciones Unitarias (Ing. Química)	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Departamento de Biología	2	2	2	0	2	0	0	2	2	2	0	2	0	0	0	0
Laboratorio de Microbiología y Bioquímica	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
Sumatoria	18	17	18	11	12	6	0	18	18	18	0	16	11	1	3	5
Total	172															
Porcentaje del total	10.47	9.88	10.47	6.40	6.98	3.49	0.00	10.47	10.47	10.47	0.00	9.30	6.40	0.58	1.74	2.91

Fuente: Datos obtenidos durante la encuesta

Nota: no todo el equipo de protección mencionado aplica a todas las actividades realizadas por el personal.

**Cuadro No. 28:** Personal encuestado en dirección de departamentos según facultado o departamento en el que se desempeña.

Facultad/Departamento	Puesto
Biología	Directora
Biología	Coordinadora Laboratorios
Turismo	Directora
Ciencias y Humanidades	Decanatura
Seguridad	Jefe
Construcción y Mantenimiento	Jefe
Química	Director

**Cuadro No. 29:** Tipo de desechos que se manipulan en su área de trabajo.

Facultad/Departamento	Tipo de desechos				
	Material de oficina	Reactivos (orgánicos/inorgánicos)	Material punzocortante	Biológicos	Plantas
Biología	2	2	2	2	2
Turismo	1	1	0	0	1
Ciencias y Humanidades	1	1	0	1	0
Seguridad	1	0	0	0	0
Construcción y Mantenimiento	1	0	0	0	1
Química	1	1	0	0	0
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Cuadro No. 30:** ¿Dispone de información respecto a cómo se descartan los desechos de lámparas fluorescentes y/o termómetros de mercurio?

Facultad/Departamento	Sí	No	Otra información
Biología	0	2	0
Turismo	0	1	0
Ciencias y Humanidades	1		No dispone de información del descarte de lámparas, termómetros se almacenan
Seguridad	0	1	0
Construcción y Mantenimiento	1	0	No manejan termómetros
Química	0	1	0
<b>total</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	

**Cuadro No. 31:** ¿Desarrolla algún procedimiento o tratamiento especial para los desechos de insumos y equipos que contienen mercurio?

Facultad/Departamento	Sí	No	Otra información
Biología	0	2	0
Turismo	0	1	0
Ciencias y Humanidades	1	0	Se recicla y se guarda
Seguridad	0	1	0
Construcción y Mantenimiento	0	1	0
Química	1	0	El procedimiento se conoce por el personal de bodega, pero no hay procedimientos escritos
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	

**Cuadro No. 32:** ¿Conoce o dispone de información respecto a la política de la Universidad, para la sustitución de insumos y equipo que utiliza mercurio?

Facultad/Departamento	Sí	No	Otra información
Biología	0	2	No se las han trasladado
Turismo	0	1	No se las han trasladado
Ciencias y Humanidades	1	0	Cambios a tecnología LED, uso de reactivos a micro escala, pero no se encuentra por escrito
Seguridad	1	0	Cambios a tecnología LED, uso de reactivos a micro escala, pero no se encuentra por escrito
Construcción y Mantenimiento	1	0	Pero no se encuentra por escrito
Química	0	1	Se están eliminando los termómetros por seguridad y salud, pero no se dispone de información por escrito
<b>total</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El mercurio (Hg) es un metal altamente tóxico, el cual puede afectar de forma grave y permanente el Sistema Nervioso Central (SNC). El presente estudio tuvo como propósito fundamental estimar la cantidad de Hg en las aulas, bodegas, oficinas y laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala y la evaluación de la gestión actual de sus desechos.

La estimación de Hg dentro del campus central se desarrolló mediante el instrumento *Toolkit* de PNUMA (ver anexo 3); mientras que para el diagnóstico de la gestión de sus desechos se utilizó el instrumento "Evaluación respecto al manejo de los desechos de mercurio en la Universidad del Valle de Guatemala" (ver anexo 1). Con este instrumento de evaluación se recopiló información proveniente del personal de los departamentos de limpieza, bodega de Química, mantenimiento, enfermería y otros como laboratorio de operaciones unitarias, departamento de Biología y laboratorio de Bioquímica y Microbiología. Únicamente se trabajó con este personal, debido a que son las personas que se considera tienen mayor relación con el manejo de desechos. Adicional a esto, se realizó una pequeña entrevista a algunos Directores de carreras relacionadas con el manejo de desechos; para conocer su punto de vista respecto a este tema (ver anexo 2).

Los datos se recabaron según los edificios que conforman el campus central, los cuales se dividieron en 13 áreas (ver Cuadro 3). Dentro de las áreas se llevó a cabo un inventario de la carga del metal en las sub-áreas de cada edificio: aulas, bodegas, oficinas y laboratorios para identificar dónde se encontraba mayor o menor cantidad de Hg. Además se tomaron en cuenta los instrumentos y equipo con Hg que aún se utilizan dentro del campus educativo (ver cuadros 4-5).

La cantidad total de Hg estimada dentro del campus central de la Universidad del Valle de Guatemala es de 8,696.38 g (ver Cuadro 6). La fuente donde se estimó mayor cantidad de Hg fue el No-clínico (barómetros) con una cantidad de 5,550.00 g reportada; luego el mercurio metálico cuya cantidad estimada fue de 1,600.00 g; seguido por el mercurio inorgánico encontrado en reactivos con un total de 1,070.00 g. Las fuentes de menor aporte fueron los esfigmomanómetros, termómetros, aparatos interruptores, y el alumbrado (ver Gráfico 1).

Según la división de áreas en las que se llevó a cabo el inventario de mercurio dentro de la Universidad, las que más carga de Hg tiene fueron: la 11 que corresponde al edificio E y 13 que corresponde a los edificios C, C-I y D donde se encuentran laboratorios. El área 11 representó el 21.52% del total de mercurio estimado, mientras que el área 13 representó el 74.79% (6,504.0354 g). Es importante mencionar que en el área 13 le corresponden 2,670.00 g a mercurio inorgánico encontrado en diferentes reactivos dentro de la bodega de Química (ver Cuadro 7).

Los reactivos encontrados fueron: acetato de mercurio (150.00 g), sulfato de mercurio (230.00 g), nitrato de mercurio (120.00 g), mercurio (II) ioduro rojo (570.00 g) y la mayor cantidad fue de mercurio metálico (1600.00 g) (ver Cuadro 5.2). Se observó que dentro de los edificios, los laboratorios son los que aportan mayor cantidad del metal (3,832.554 g), seguido de las bodegas (2,670.486 g) (ver Gráfico 3).

Las aulas y oficinas aportan una cantidad menor respecto al total estimado (ver Cuadro 8). Sin embargo, dentro de las sub-áreas que menor aporte de Hg tienen, se observó que las oficinas aportan mayor cantidad del metal que las aulas de estudio (ver Gráfico 2). Esto es debido a que en las oficinas las lámparas poseen el doble de tubos fluorescentes de 48" y los aires acondicionados contienen termostatos que también contienen mercurio.

Los edificios con menor cantidad del metal fueron los edificios II-1, II-2, M, A, K, J, J-I, I, H, G, F y B; de los cuales la mayoría son edificios de aulas (ver Gráfico 2) Los edificios con laboratorios como el II-1, II-2, M no utilizan reactivos que contengan mercurio, únicamente los insumos como las lámparas y 3 termómetros (ver Cuadro 4.1).

Es importante mencionar que dentro de la Universidad todavía se encuentran algunos insumos y equipo que contienen Hg; entre los cuales están: termómetros que aportan 168.0 g de Hg, los esfigmomanómetros aportan 162.0 g de Hg y los barómetros y baróstato (no clínico) que aportan 5,550.0 g del metal. El alumbrado no aporta una cantidad relativamente grande de mercurio; sin embargo lo crítico de este insumo es la forma de descartarlo, ya que si se descarta en la basura común contribuye a la contaminación gradual del medio ambiente (ver Cuadro 6).

El instrumento de evaluación fue aplicado a 25 personas que corresponden a los departamentos que se encuentran más relacionados con el manejo de desechos, los cuales ya fueron descritos anteriormente. No fue posible entrevistar a todo el personal, por lo que los resultados presentados son un primer acercamiento a la evaluación de la gestión de desechos dentro del Campus Educativo. Es importante mencionar que el nivel de escolaridad de los encuestados no es el mismo, ya que únicamente 10 personas tienen cargos de técnicos dentro de la Universidad y el resto son auxiliares. Para tener una idea más clara de la gestión de desechos de mercurio es necesario tomar en cuenta al total de colaboradores dentro del Campus Educativo (ver Cuadro 9).

El departamento de limpieza (36.00%), mantenimiento (24.00%) y bodega de Química (16.00%) representaron la mayor parte de la población encuestada. Las partes minoritarias fueron el departamento de operaciones unitarias y el laboratorio de Bioquímica y Microbiología con un 4.00%; junto con los departamentos de Biología y enfermería (8.00%) (ver Cuadro 10 y Gráfico 4).

Ante la consulta al personal sobre el descarte, el 100.00% respondió que si se encarga de descartar algún tipo de material o insumo dentro de sus actividades laborales. Esto indica que es necesario que tengan procedimientos establecidos para el correcto manejo y disposición de los desechos.

Existen departamentos que descartan más de un tipo de desecho, por ejemplo el personal de Biología se encarga de la manipulación de desechos tanto biológicos como químicos. El personal de Bioquímica y Microbiología manipula desechos biológicos, químicos y productos de limpieza. Esto implica la necesidad de procedimientos específicos para la manipulación de los desechos según su tipo (ver Cuadro 12).

La mayoría del personal manipula desechos que son productos de limpieza (55.00%), seguido de productos químicos (23.00%). Por otro lado un 13.00% del personal manipula desechos biológicos, mientras que un 6.00% del personal manipula otro tipo de desechos como jeringas, agujas, gasas, algodón y un 3.00% manipula desechos de lámparas/focos (ver Gráfico 5).

Un 57.69% del personal utiliza el basurero común para descartar los desechos de lámparas, termómetros, etc. Mientras que un 42.27% utiliza un basurero diferente para dichos desechos. El basurero común se utiliza principalmente por el personal de limpieza y mantenimiento. Mientras que el departamento de bodega de Química, enfermería, operaciones unitarias, departamento de Biología y el departamento de Bioquímica y Microbiología se inclinan por utilizar un basurero diferente (ver Cuadro 13).

Como se mencionó, la mayoría descarta en el basurero común. Sin embargo un 23.08% del personal expresó que para descartar ese tipo de desechos utiliza el basurero de desechos de vidrio; un 11.54% utiliza el basurero de material punzocortante, un 3.85% lo almacena en el laboratorio o en un bote de metal ubicado en el edificio C-204 (ver Gráfico 6).

Ninguna de las personas de los departamentos encuestados considera que los recipientes de descarte son de algún material especial. De la misma manera se considera por la mayoría del personal que los recipientes se encuentran en un lugar adecuado (24.56%). El departamento de Biología respondió que los recipientes cumplen con todas las características mencionadas (son de plástico, están rotulados, sellados y se encuentran en un lugar adecuado). 19.30% de las personas respondieron que los recipientes se encuentran rotulados y sellados (ver cuadro 14). La mayoría de los encuestados respondieron que los recipientes de descarte son de plástico (37%), por otro lado el 25% de la población considera que se encuentra en un lugar adecuado (ver Gráfico 8).

El único personal que no recibe supervisión profesional mientras lleva a cabo su trabajo es el de enfermería, ya que las dos personas en este puesto son profesionales de la salud. 22.22% del personal del departamento de limpieza y 33.33% del personal del departamento de mantenimiento respondieron que no son supervisados profesionalmente. Esto indica que se necesita mejorar la supervisión de dicho personal mientras efectúa su trabajo; ya que se encargan de manipulación de desechos (ver Cuadro 15).

Un 68% de la población encuestada indicó que si es supervisado profesionalmente. A pesar de que la mayoría respondió que su trabajo si es supervisado, es necesario implementar medidas en la supervisión del trabajo de los colaboradores en las áreas de limpieza, mantenimiento, enfermería y Biología (ver Gráfico 8).

Únicamente el personal de bodega de Química y el personal del departamento de Biología respondieron que llevan a cabo un procedimiento o tratamiento especial cuando hay desechos de insumos o equipo que contiene mercurio, lo cual representa un 20.00% de la población encuestada. Dicho personal tiene conocimiento de esos procedimientos debido a que les ha sido explicado de forma breve por sus superiores cuando ha existido la necesidad; mas no mediante una capacitación formal. El personal indicó que el procedimiento es mediante la recolección del derrame de mercurio con una pipeta pasteur y luego succionado utilizando un kitasato y un compresor de vacío. 4.00% del personal indicó que el desecho se recoge con una pala de plástico y una escoba plástica y se almacena en frascos en el laboratorio C-204 (ver Cuadro 16).

El 76.00% de la población no respondió la pregunta respecto a llevar a cabo un procedimiento o tratamiento especial cuando hay desechos de insumos/equipo que contiene mercurio; esto indica que la mayoría del personal no efectúa un procedimiento o tratamiento especial para desechos de mercurio (ver Gráfico 9).

En el departamento de limpieza 44.44% de las personas encuestadas respondió que no sabían que algunos insumos de la Universidad contienen mercurio. La misma respuesta fue dada por 66.67% de las personas del departamento de mantenimiento. El resto de los departamentos si saben que existen insumos dentro de la Universidad que contienen mercurio. Esto indica que es necesario dar capacitación al personal de mantenimiento y limpieza sobre este tipo de desechos, para evitar contaminaciones futuras a ellos mismos y al medio ambiente (ver Cuadro 17).

En general, la mayoría (68.00%) de personas si saben que algunos de los insumos en la Universidad contienen Hg. Sólo el 32.00% de la población no tiene conocimiento respecto a que algunos insumos de la Universidad contienen mercurio. En el reconocimiento de los insumos que contienen mercurio; el departamento de bodega de Química fue el único en el que todo el personal indicó que si reconoce este tipo de insumo, lo cual refleja que tienen conocimiento de los insumos que manipulan durante su trabajo. Por otro lado, 55.56% de las personas del departamento de limpieza y 66.67% del personal de mantenimiento reflejaron que no reconocían este tipo de insumos en la encuesta. Esto implica que es importante brindar capacitación al

personal de estas dos áreas, pues ellos también se encargan de manipulación de insumos que contienen mercurio y no saben reconocerlos (ver Cuadro 18).

El 48.00% de la población en general respondió que sí puede reconocer los insumos que contienen mercurio dentro de la Universidad. Mientras que un 40.00% indicó que no sabe reconocerlos y un 12.00% respondió que solo reconocen “algunos”, en los cuales se observa que hay mercurio; como los termómetros. Los porcentajes de respuestas entre “sí” y “no” se encuentran bastante cerca; lo cual indica que un gran porcentaje de la población no sabe reconocer los insumos que contienen mercurio y esto puede representar un riesgo potencial directo a su salud y un riesgo indirecto para la contaminación del medio ambiente (ver Gráfico 11).

De toda la población encuestada, sólo el personal de bodega de Química y Biología tiene conocimiento de procedimientos a seguir en caso de rotura de algún insumo o derrame de mercurio (ver Cuadro 19). El 72.00% de la población indicó que no conoce ningún procedimiento en caso de rotura de algún insumo o derrame de mercurio; esta cifra mayoritaria es alarmante, pues varios de los departamentos encuestados si manipulan insumos que contienen mercurio aunque no sepan reconocerlos. El 20.00% indicó que el procedimiento común es el de vacío con kitasato y la pipeta Pasteur como se expresó anteriormente. Un 4.00% indicó que el único procedimiento que conocen en caso de rotura o derrame de mercurio es el de almacenarlo en frascos o bien, en basurero de material punzocortante. Es importante mencionar que el procedimiento llevado a cabo por esta minoría para la recolección del mercurio en el derrame es por medio de una pala y escoba plástica. Esto implica un riesgo de contaminación potencial, ya que el mercurio se puede esparcir por el ambiente y contaminar a más individuos (ver Gráfico 12).

El personal de mantenimiento y limpieza manifestó en su mayoría que no consideran haber estado expuestos en algún momento a desechos de mercurio; ya que en ambos departamentos 5 de las personas encuestadas respondió de esta manera (ver Cuadro 20). Por otro lado se determinó que el 52.00% de la población total no considera haber estado expuesto a desechos de mercurio y un 48.00% considera que sí. Esto implica que es necesario implementar un sistema de capacitación e identificación de los desechos que contienen mercurio dentro del

campus para que el personal pueda manipularlo sin contaminarse a sí mismos o al medio ambiente (ver Gráfico 13).

Sin embargo, el 72.00% del personal considera que el mercurio es un material contaminante que puede afectar la salud (ver Cuadro 21). Por otro lado, una cantidad menor (28.00%) considera que éste compuesto no afecta a la salud y tampoco es un material que contamine (Ver Gráfico 14). Lo mismo opinaron las personas respecto a la contaminación del medio ambiente con los desechos de mercurio (ver Gráfico 15). Pero en éste caso fueron 77.78% de las personas de limpieza las que reconocieron que dichos desechos si pueden afectar el medio ambiente (ver Cuadro 22).

El personal de limpieza indicó que durante su labor diaria utiliza guantes de látex, mascarillas descartables y botas de hule. En bodega de Química y el departamento de bioquímica y Microbiología se utiliza bata, guantes de látex o nitrilo, mascarillas descartables. El personal de mantenimiento sólo utiliza guantes de látex, mascarillas descartables y lentes de protección. El personal de enfermería utiliza guantes de látex y mascarillas descartables al igual que el departamento de Biología, con la diferencia de que en el departamento de Biología sí se utiliza bata.

En operaciones unitarias únicamente se utiliza casco. Lo que más se utiliza como protección física dentro del personal son los guantes de látex (34.55%) y las mascarillas descartables (32.73%). Esto refleja que es necesario mejorar la protección física que el colaborador utiliza durante su labor diaria para evitar intoxicaciones ocupacionales (ver Cuadro 23 y Gráfico 16).

El personal indicó que las actividades comunes que efectúa durante su trabajo son: comer, ingerir bebidas o usar celular. Únicamente dos personas expresaron que fuman, esto lo hacen en los períodos de receso afuera de las instalaciones. Sin embargo, podría implicar un riesgo de intoxicación laboral si no manejan medidas de limpieza de manos adecuadas. Ocho de las 25 personas encuestadas indicó que no desarrolla actividades extra mientras efectúa su labor diaria; esto refleja que una pequeña parte (15.69%) de la población evita contaminarse llevando a cabo estas actividades de forma simultánea a su trabajo habitual (ver Cuadro 24). El resto de personas

respondió que en alguna medida desarrolla alguna o varias de las actividades antes mencionadas (ver Gráfico 17).

El 100.00% de la población expresó que nunca ha recibido alguna capacitación especial respecto al manejo de los desechos que contienen mercurio. Durante la encuesta el personal manifestó que los procedimientos que efectúan son aprendidos según el tiempo que tengan de laborar para la institución y que solo les son explicados de forma breve (Ver Cuadro 25). Con esto se puede ver la evidencia más clara de la falta de conocimiento y procedimientos respecto al manejo de desechos de mercurio dentro del campus y la necesidad de implementar procedimientos para la disposición de desechos, kits de control de derrames y capacitaciones para el reconocimiento de dichos insumos.

Únicamente el 4.00% de toda la población encuestada manifestó que no le interesa recibir mayor información acerca del metal en estudio (ver Cuadro 26). La mayoría (30.30%) de la población está interesada en recibir información acerca las medidas de seguridad del mercurio. Un 24.24% manifestó que le interesa conocer respecto los riesgos de la exposición a los desechos del metal. Mientras que un 21.21% indicó que les interesa información de la toxicidad y los procedimientos de descarte de Hg. Una pequeña parte (1.52%) indicó que también quieren saber acerca de talleres, protocolos y normativas que regulan el Hg (ver Gráfico 18).

En la parte de observación *in situ* sobre el equipo de protección que utiliza el personal, se asistió a las áreas de trabajo en los horarios en que manipulan comúnmente los desechos. De esta manera se identificó que el personal de limpieza y mantenimiento utilizan el uniforme con bolsas, cerrado correctamente, completo y limpio. No utilizan cofia y algunos (44.44%) utilizan mascarilla. Si utilizan zapatos cerrados, bajos. Además emplean guantes de látex para recolectar cualquier tipo de desecho y llevan accesorios como relojes o anillos puestos. También se observó que utilizan lentes graduados, el problema de esto es que sobre los lentes graduados no utilizan lentes de protección (ver Cuadro 27).

El departamento de bodega de Química, Biología, Bioquímica y Microbiología son los únicos departamentos donde se emplea más equipo de protección. Ya que este personal utiliza el uniforme completo, bata, lentes de protección, guantes de látex o nitrilo y zapatos cerrados,

bajos. Se observó que también aquí hay personal con lentes graduados y no todos utilizan lentes de protección. Es importante mencionar que en todos los departamentos no se utiliza todo el equipo de protección necesario, por lo que es necesario velar por el cumplimiento del uso dicho equipo para prevenir intoxicaciones futuras. Además en los casos donde sí se observó uso de equipo de protección adecuado, el personal también utiliza otros accesorios que no son adecuados y que pueden servir de reservorios de desechos de mercurio como las joyas o los lentes graduados (ver Cuadro 27).

Es importante mencionar que no todo el personal necesita usar de todo el equipo de protección mencionado. En general, el personal evaluado utiliza el equipo de protección adecuado según su área de trabajo según la observación *in situ* que fue llevada a cabo.

Según los datos obtenidos del instrumento de evaluación utilizado, se infirió que el personal de mantenimiento y limpieza tiene poco conocimiento respecto a la toxicidad y manejo de los desechos de mercurio. Esto es de suma importancia, pues este personal se encuentra directamente relacionado con el manejo de desechos (lámparas, termómetros, material de limpieza, etc.) dentro del campus educativo. Por otro lado, el personal de bodega de Química y el departamento de Bioquímica y Microbiología mostró tener el conocimiento básico sobre las medidas de protección necesarias y la toxicidad de este metal. Otros departamentos como enfermería y operaciones unitarias no se encuentran relacionados directamente con el manejo de desechos de mercurio según lo observado en el instrumento de evaluación.

Por otro lado, se presentan los resultados de una pequeña encuesta realizada a algunos directores de carrera para complementar la información recabada de la encuesta realizada a los colaboradores de la Universidad. Entre los Directores de Departamentos entrevistados se encuentran Biología, Química, Turismo, Construcción y mantenimiento, Seguridad y Decanatura de la facultad de Ciencias y Humanidades (ver Cuadro 28).

Respecto al tipo de desechos que se manipulan según el Departamento/Facultad, la mayoría (33.33%) respondió que descartan material de oficina; mientras que el 23.81% manipula reactivos (orgánicos e inorgánicos). También mencionaron que en algunas áreas se manipulan

desechos biológicos (14.29%) y plantas que pueden ser residuos de prácticas de laboratorio o bien basura de las instalaciones (19.05%) (ver Cuadro 29).

El 71.43% de los Directores encuestados respondió que no disponen de información respecto a la forma de descarte de lámparas o termómetros. Sin embargo, un 28.57% respondió que no se dispone de información respecto a la forma de descartar lámparas, pero los termómetros son almacenados o bien, como el caso del Departamento de Construcción y Mantenimiento donde no se encargan de la manipulación de termómetros (ver Cuadro 30).

De la misma manera, el 71.43% de los encuestados indicó que no realizan procedimientos especiales para el manejo de desechos de insumos o equipo que contiene mercurio. El 28.57% de los encuestados que abarca la Decanatura de la Facultad de Ciencias y Humanidades y el Departamento de Química; mencionaron que el mercurio se recicla y se almacena por medio de un procedimiento realizado por el personal de bodega de Química. Sin embargo, no disponen de procedimientos escritos para realizar dicha tarea (ver Cuadro 31).

Respecto al conocimiento de las políticas que la Universidad maneja respecto a la sustitución de insumos o equipo que contiene mercurio; el 57.14% de las personas indicaron que no tienen conocimiento o disposición de políticas descritas por la Universidad respecto a la sustitución de dichos insumos/equipos. Por otro lado el 42.86% mencionó que a pesar de que no disponen de políticas escritas respecto a dicha transición; se están realizando actualmente cambios a tecnología LED para sustituir las lámparas que contienen mercurio. Además, se está almacenando y descontinuando el uso de termómetros a base de mercurio así como las prácticas de laboratorio que empleen reactivos con este metal (ver Cuadro 32).

La información recopilada mediante la entrevista a entidades superiores indicó que es necesario trasladar las políticas de la Universidad respecto a la transición a una Universidad libre de mercurio y el manejo de sus desechos para socializar a todo el personal respecto a la utilización de alternativas libres de mercurio.

Durante la estimación de la cantidad de mercurio dentro del campus se observó que algunas oficinas y aulas ya cuentan con tecnología LED, lo cual indica que se está comenzando a

evitar el uso de lámparas que contienen mercurio. Además, en algunos laboratorios como el de alimentos y operaciones unitarias ya se utilizan termómetros digitales. En este trabajo se presenta una propuesta de alternativas al uso de mercurio para contemplar en la transición hasta llegar a una Universidad libre de mercurio (ver anexo 4).

Además, se presenta un plan para mejorar el manejo actual de los desechos y las medidas de protección que el personal debe utilizar (ver anexo 5). Con esto se pretende capacitar al personal respecto a la importancia del manejo de desechos de mercurio, el reconocimiento de los insumos que contienen mercurio dentro de la Universidad y las medidas de precaución que estos deben tomar al manipular dichos insumos o equipo. Esto permitirá disminuir el riesgo de intoxicación debido al metal y contribuirá al cuidado del medio ambiente; debido a que si el personal efectúa una correcta gestión de los desechos de mercurio no solo evita intoxicaciones laborales, sino que evita la contribución a la contaminación del medio ambiente.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Este proyecto de investigación se propuso como un primer acercamiento para estudiar los aspectos fundamentales, respecto al uso y manejo de mercurio en la Universidad del Valle de Guatemala.
2. Se estima que la cantidad total de mercurio dentro de la Universidad del Valle es de 8.696 Kg; de los cuales 2.670 Kg son de reactivos de mercurio inorgánico.
3. Las fuentes de mayor contribución de mercurio dentro del campus son los materiales no clínicos (barómetros) con un aporte de 5.550 Kg; seguido del mercurio inorgánico con 2.670 Kg. Las fuentes que menor aporte de mercurio dan son los termómetros con 168.00 g, seguido de los esfigmomanómetros 162.00 g, los termostatos con 121.00 g y el alumbrado con un aporte de 25.38 g de mercurio. El área con mayor cantidad del metal fue la 13, que corresponde a los edificios C, C-I y D con una cantidad de 6,504.04 g de Hg. Luego el área 11 que corresponde al edificio E con un total de 1,871.09 g del metal. Las áreas con menor cantidad en orden decreciente fueron los edificios J,J-I (201.96 g), II-1 (37.68 g), II-2 (34.69 g), F (9.42 g), I (13.15 g), M (9.42 g), B (3.77 g), A (2.63 g), H (0.56 g), G (0.53 g) y K (0.17).
4. Dentro de la evaluación de la gestión de desechos se determinó que el personal de mantenimiento y limpieza necesita una capacitación respecto al conocimiento y la importancia de los desechos de mercurio y la toxicidad del metal; ya que con el instrumento de evaluación se infirió que tienen un conocimiento bajo acerca del mismo. O bien, que se definan las responsabilidades de cada persona respecto al manejo de desechos para evitar que el personal manipule desechos que no le corresponde según su puesto.
5. El personal de bodega de Química, Biología, enfermería, operaciones unitarias y el departamento de Bioquímica y microbiología demostraron tener un conocimiento básico respecto a los desechos de mercurio. Sin embargo, ninguna de las personas encuestadas

ha recibido alguna capacitación sobre el correcto manejo y disposición de los desechos de mercurio, por lo que es necesario implementar un sistema de capacitación-evaluación del mismo.

6. Se presentaron propuestas alternativas al uso de mercurio para contribuir a la transición hacia instalaciones libres de mercurio (ver anexo 3).
7. Se propone un plan de mejora del manejo actual de desechos de mercurio y las medidas de protección para el personal, con el fin de disminuir los riesgos de intoxicación laboral y contribuir al cuidado del medio ambiente (ver anexo 4).

## IX. RECOMENDACIONES

- A. Basado en los requerimientos internacionales y los resultados obtenidos en la presente investigación, para el manejo de mercurio, es prioritario continuar la transición al uso de alternativas de mercurio para contribuir al cuidado del medio ambiente y prevenir intoxicaciones laborales en el futuro.
- B. En lo que respecta al control de derrames, es importante estandarizar un Kit de limpieza y contención de derrames en las principales áreas de trabajo del personal que se encarga del manejo de desechos; mientras termina la transición a áreas libres de Hg.
- C. Se debe establecer un programa de capacitación y evaluación de la comprensión del personal respecto a la importancia en general del manejo de desechos, en especial el reconocimiento de insumos que contienen mercurio, la disposición de sus desechos y la toxicidad de ese metal.
- D. Es necesario actualizar anualmente el inventario de mercurio, para observar la disminución en el uso de insumos o equipo que contenga este metal.
- E. Es importante que se mantenga en constante vigilancia y exigencia en los procesos que efectúa el personal en cuanto al uso correcto y completo de su equipo de protección al efectuar su labor diaria.
- F. Socializar los esfuerzos ya realizados para continuar con la transición a una Universidad libre de mercurio.
- G. De ser posible, efectuar una segunda investigación para determinar los avances respecto al tema de manejo de desechos de mercurio dentro del campus educativo.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Academia Nacional de Medicina. 2006. *Seminario internacional sobre clínica del mercurio, memorias*. Bogotá, Colombia. Pág. 53
2. Castells, X. 2012. *Generalidades, conceptos y origen de los residuos*. Díaz de Santos. Madrid, España. Pág. 9
3. 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 San Carlos de Guatemala. Guatemala. Pág. 26-27.
4. Doadrio, A. 2004. *Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio*. Real Academia de Farmacología. 70 (933-959). Consultado el 24 de agosto de 2015. Recuperado de: [file:///C:/Users/Rosmery/Downloads/254-1270-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Rosmery/Downloads/254-1270-1-PB%20(1).pdf)
5. León, E. 2013. *Inventario de mercurio metálico presente en hospitales públicos ubicados en los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango de Guatemala*. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala. Pág. 41.
6. Ministerio de Salud Pública (MSP). 2010. *Gestión de residuos del mercurio en centros de salud*. Pág. 1-4. Consultado el 24 de agosto de 2015. Recuperado de: <http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2010/12/RESIDUOS-DE-MERCURIO-EN-CENTROS-DE-SALUD.pdf>
7. PNUMA. 2006. *El mercurio en productos y desechos*. Pág. 1-28. Consultado el 24 de agosto de 2015. Recuperado de: [http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/AwarenessPack/Spanish/UNEP\\_Mod1\\_Spanish\\_Web.pdf](http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/AwarenessPack/Spanish/UNEP_Mod1_Spanish_Web.pdf)
8. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas en América Latina (RAP-AL). 2000. *Convenio Basilea*. Consultado el 19 de agosto de 2015. Recuperado de: [http://www.rap-al.org/index.php?seccion=4&f=convenio\\_basilea.php](http://www.rap-al.org/index.php?seccion=4&f=convenio_basilea.php)
9. Restrepo, M.; H. Vélez; A. Rojas y J. Borrero. 2010. *Toxicología clínica*. Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB). Medellín, Colombia. Pág. 539-546.
10. Salud Sin Daño (SSD). *Buena noticia para la salud y el medio ambiente global: nuevo acuerdo internacional para eliminar el mercurio*. Consultado el 19 de agosto de 2015. Recuperado de: <https://saludsindanio.org/articulos/americalatina/buena-noticia-para-la-salud-y-el-medio-ambiente-global-nuevo-acuerdo>

11. Trefil, J. 2004. *Gestionemos la naturaleza*. España. Pág. 126-127.
12. United Nations Environment Programme (UNEP). 2013. *Nuevo tratado mundial limita las emisiones y liberaciones de mercurio y establece controles*. Kumamoto, Japón. Consultado el 19 de agosto de 2015. Recuperado de: <http://www.unep.org/newscentre/Default.aspx?DocumentID=2752&ArticleID=9647&language=es>
13. Universidad Nacional de Colombia. 2015. *Nuevas alternativas de recuperación de oro dejarían a un lado el mercurio*. Medellín, Colombia. Consultado el 24 de agosto de 2015. Recuperado de: <http://medellin.unal.edu.co/index.php/noticias/97-nuevas-alternativas-de-recuperacion-del-oro-dejarian-a-un-lado-el-mercurio>
14. Vargas, G. 2011. *Eliminación de desechos de mercurio (Hg) en los hospitales de más de 50 camas de la ciudad de Guatemala*. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala pág. 32
15. Villavicencio, K. 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 Guatemala. Pág. 73-75.

# XI. ANEXOS

Página

ANEXO No. 1. ENCUESTA SOBRE EL MANEJO DE LOS DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA.....	73
ANEXO No. 2. ENCUESTA SOBRE EL MANEJO DE LOS DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA SEGÚN LA FACULTAD O DEPARTAMENTO EN EL QUE SE DESEMPEÑA.....	78
ANEXO No. 3. TABLA INTERNACIONAL PNUMA.....	79
ANEXO No. 4. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS AL USO DE MERCURIO.....	80
ANEXO No. 5. PLAN DE MEJORA PARA EL MANEJO ACTUAL DE DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA, TOMANDO EN CUENTA MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL PERSONAL .....	81



## ANEXO 1. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN RESPECTO AL MANEJO DE LOS DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE 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. Gloria Celeste Vargas García. Este instrumento de evaluación ha sido modificado y adaptado a la Universidad del Valle de Guatemala.

La siguiente encuesta es para desarrollar el trabajo de graduación “**Diagnóstico de la cantidad de mercurio metálico y evaluación de la gestión de sus desechos en la Universidad del valle de Guatemala**”. Favor responder las preguntas planteadas a continuación. Gracias por su apoyo.

No. Encuesta: \_\_\_\_\_

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

### Parte A. General.

1. ¿A qué área de la Universidad pertenece?

Departamento de limpieza \_\_\_\_\_ Departamento de mantenimiento \_\_\_\_\_

Departamento de Bodega Química \_\_\_\_\_ Personal de enfermería \_\_\_\_\_

Otro: \_\_\_\_\_

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

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

3. ¿Qué tipo de desechos manipula?
- a) Biológicos\_\_\_\_\_
  - b) Químicos\_\_\_\_\_
  - c) Productos de limpieza\_\_\_\_\_
  - d) Desechos de equipos e instrumentos ¿cuáles?\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
4. ¿En dónde descarta los desechos de lámparas, termómetros, etc.?
- Basurero común\_\_\_\_\_
- Basurero diferente\_\_\_\_\_ ¿de qué tipo?\_\_\_\_\_
5. ¿Qué características poseen los recipientes de descarte (de los desechos en general)?
- a) Son de algún material especial\_\_\_\_\_
  - b) Son de plástico\_\_\_\_\_
  - c) Se encuentran rotulados\_\_\_\_\_
  - d) Se encuentran sellados\_\_\_\_\_
  - e) 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 o tratamiento especial para los desechos de insumos y equipo que contiene mercurio? (Si la respuesta es no, continúe con la pregunta 8.)
- Sí\_\_\_\_\_ Describirlo brevemente\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

8. ¿Sabía usted que algunos de los insumos de la Universidad contienen mercurio?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

9. ¿Sabe reconocer este tipo de insumos?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ Algunos\_\_\_\_\_

10. ¿Tiene conocimiento de algún procedimiento a seguir en caso de rotura de algún insumo o algún otro tipo de derrame de mercurio (p.e. Termómetros, focos o lámparas ahorradoras)?

Sí\_\_\_\_\_ ¿Cuál?\_\_\_\_\_

No\_\_\_\_\_

11. ¿Considera que en algún momento estuvo expuesto a 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 pueden afectar el medio 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\_\_\_\_\_ De qué tipo\_\_\_\_\_

c) Mascarilla\_\_\_\_\_ De qué tipo\_\_\_\_\_

d) Otros (especifique)\_\_\_\_\_

15. Durante su trabajo ordinario realiza actividades como:

No \_\_\_\_\_

Sí \_\_\_\_\_

¿Cuál?

a) Comer \_\_\_\_\_

b) Ingerir bebidas \_\_\_\_\_

c) Fumar \_\_\_\_\_

d) Usar celular \_\_\_\_\_

#### Parte D. Capacitación

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

Sí \_\_\_\_\_ ¿Cuándo? \_\_\_\_\_ ¿Quién la impartió? \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

17. ¿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 \_\_\_\_\_

e) Otro tipo \_\_\_\_\_

Para mayor información contactar a e-mail: [rosmarygoja@gmail.com](mailto:rosmarygoja@gmail.com)

¡Gracias por su ayuda!

**Parte observacional *in situ*:****18.** Equipo de protección utilizado en el momento de la gestión de desechos.

- a) Bata o uniforme: con bolsas \_\_\_\_\_ Cerrado adecuadamente \_\_\_\_\_  
Completo \_\_\_\_\_ Limpio \_\_\_\_\_
- b) Mascarilla: Tiene \_\_\_\_\_ No tiene \_\_\_\_\_
- c) Cofia: tiene \_\_\_\_\_ No tiene \_\_\_\_\_
- d) Zapatos: Cerrados \_\_\_\_\_ Bajos \_\_\_\_\_
- e) Accesorios: Joyas \_\_\_\_\_ Otros (Especifique) \_\_\_\_\_
-



## ANEXO 2. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN RESPECTO AL MANEJO DE LOS DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA, SEGÚN LA FACULTAD O DEPARTAMENTO EN QUE SE DESEMPEÑA

Este instrumento de evaluación será utilizado en la tesis de Rosmery Godoy Javier, estudiante de Lic. En Química Farmacéutica. Dicha tesis se denomina “Diagnóstico para la estimación de la cantidad de mercurio y evaluación de la gestión de sus desechos en la Universidad del Valle de Guatemala”

1. Facultado o Departamento en el que se desempeña.

---

2. ¿Qué tipo de desechos se manipulan en su área de trabajo?

---

3. ¿Dispone de información respecto a cómo descartan los desechos de lámparas fluorescentes y/o termómetros de mercurio?

---

4. ¿Desarrolla algún procedimiento o tratamiento especial para los desechos de insumos y equipos que contienen mercurio?

---

5. ¿Conoce o dispone de información respecto a la política de la Universidad, para la sustitución de insumos y equipo que utiliza mercurio?

---

### ANEXO 3. TABLA INTERNACIONAL PNUMA

Hoja de inventario de mercurio															
Fuente	Mercurio	Peso aproximado por unidad (g)	Total de unidades contadas									Subtotal (g)	Clase de fuente	Clase total (g)	% del total
			Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9				
<b>No clínico</b>															
Kit de reparación de esfigmomanómetro	Masa Hg, Lb (30 mL*botella)	454.00000										0.0	No clínico	0.0	0.0%
	Masa Hg, ml	13.600000										0.0			
	Masa Hg, fl. Oz.	394.40000										0.0			
Medidores de presión	barómetro 20 plg	800.00000										0.0			
	barómetro 30 plg	1850.0000										0.0			
	vacuómetros											0.0			
	manómetros	2.000000										0.0			
<b>Termómetros</b>															
	Temperatura corporal	0.500000										0.0	Termómetros	0.0	0.0%
	de 4-6 plg	2.000000										0.0			
	de 7 plg	4.000000										0.0			
	de 10-12 plg	6.000000										0.0			
	de laboratorio	8.000000										0.0			
	mínimo y máximo (comida, etc)	2.000000										0.0			
	de caldera	10.000000										0.0			
<b>Alumbrado</b>															
	Fluorescentes 48"	0.006225										0.0	Alumbrado	0.0	0.0%
	Fluorescentes en U	0.006225										0.0			
	Fluorescentes de 24"	0.004000										0.0			
	Compactas (ahorradoras)	0.003630										0.0			
	Sodio de alta presión/vapor mercurio	0.135000										0.0			
	Radiofónicas											0.0			
	Ultravioleta 24 plg	0.022000										0.0			
<b>Amalgamas</b>															
	Mezcla natural	460.00000										0.0	Amalgamas	0.0	0.0%
	Mezcla mecánica 1	0.355000										0.0			
	Mezcla mecánica 2	0.296000										0.0			
<b>Aparatos interruptores</b>															
	Tubo de rayos X (PBL - 4 por tubo)	2.000000										0.0	Aparatos interruptores	0.0	0.0%
	barostato de sistema de vacío	15.000000										0.0			
	barostatos de caldera	4.000000										0.0			
	switches de plataforma de calentamiento	34.000000										0.0			
	termostatos	3.000000										0.0			
	otros:											0.0			
<b>Otros aparatos</b>															
	otros:											0.0	Otros aparatos	0.0	0.0%
	otros:											0.0			
<b>Total de la localización del mercurio</b>			<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>total mercurio (g)</b>	<b>0</b>	

## ANEXO 4. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS AL USO DE MERCURIO

Es importante iniciar con la transición al uso de alternativas de mercurio. Con esto se puede disminuir la carga de mercurio total dentro del campus educativo. Si bien es cierto que el uso de alternativas a mercurio implica una inversión mayor al uso de insumos con mercurio; es importante considerar que el uso de las alternativas permite disminuir los riesgos de intoxicación del personal, estudiantes y la contaminación del medio ambiente. El cuadro 27 muestra el uso de algunos insumos como alternativas:

**Cuadro No. 33:** Propuesta de alternativas al uso de mercurio

<b>Instrumento/insumo que contiene mercurio</b>	<b>Propuesta de alternativa libre de mercurio</b>
Termómetros	Termómetros digitales, termómetros de alcohol
Barómetros	Digitales o aneroides
Lámparas UV, tubos fluorescentes, focos ahorradores	tecnología LED
Reactivos derivados de mercurio	Disminuir uso de los mismos, descontinuando las prácticas de laboratorio donde se utilicen y control de sus desechos

Fuente: Salud sin daño.org

Referencia: Salud sin Daño. Alternativas libres de mercurio. Consultado el 13/01/2016. Disponible en: <https://saludsindanio.org/americalatina/temas/alternativas-libres-de-mercurio>

## ANEXO 5. PLAN DE MEJORA PARA EL MANEJO ACTUAL DE DESECHOS DE MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA, TOMANDO EN CUENTA MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL PERSONAL

El mercurio (Hg) es considerado uno de los metales más tóxicos que existen, se caracteriza por tener un aspecto líquido a temperatura ambiente de color plateado. Dicho compuesto puede encontrarse de forma natural como mercurio orgánico o inorgánico (Vélez *et al* 2010). Éste compuesto tiene una capacidad de difusión muy elevada, por lo que puede provocar intoxicaciones agudas o crónicas si se está expuesto a dicho metal. Cuando una persona se expone a pequeñas concentraciones de Hg puede sufrir daños irreversibles en el cerebro, riñones y una debilidad progresiva en los músculos, entre otros (Castells 2012).

De forma global, el mercurio proviene de procesos volcánicos que se evaporan en la atmósfera; donde puede ser inhalado por seres humanos o transportarse por corrientes de agua. Al llegar al agua, el mercurio sufre un proceso metabólico microbiano donde se convierte en metilmercurio. El metilmercurio es un compuesto que puede acumularse en organismos (como peces) por el fenómeno de bioacumulación y luego se incorpora en las cadenas tróficas hasta llegar nuevamente al ser humano y provocar intoxicaciones (Vélez *et al* 2010).

Con la gran cantidad de procesos que involucran la manipulación de mercurio, es frecuente que existan intoxicaciones laborales y contaminación del medio ambiente. Los principales oficios relacionados con mercurio son: industria minera, fábrica de amalgamas, odontología, fungicidas, manufactura de barómetros, termómetros, lámparas incandescentes, luces neón, fotografía, entre otros (Vélez *et al* 2010). Por esta razón es necesario que el personal que se encuentra en contacto con insumos/equipo que contiene mercurio, cuente con un procedimiento adecuado para el manejo de los mismos.

Con este plan se pretende mejorar el manejo actual de los desechos de mercurio, ya que según el instrumento de evaluación el conocimiento sobre procedimientos o tratamiento especial de los desechos de este metal es bajo. Es importante tomar en cuenta que el nivel de escolaridad del personal que se encarga de la manipulación de desechos no es alto, por lo que es necesario dar las capacitaciones de tal manera que se pueda evaluar el aprendizaje de la misma.

El plan de mejora cuenta con tres objetivos principales para mejorar la disposición de desechos de mercurio, tomando en cuenta las medidas de protección personal hasta llegar a tener una Universidad libre de mercurio.

- 1) CORTO PLAZO: impartir las capacitaciones y suministrando el kit de control de derrames en las áreas donde se requiera.
- 2) MEDIANO PLAZO: mantener en constante evaluación y supervisión al personal sobre el uso correcto de su equipo de protección y el correcto manejo de desechos que contienen mercurio.
- 3) LARGO PLAZO: emplear los insumos planteados como alternativas al uso de mercurio y lograr una Universidad libre del metal.

A continuación se presenta un esquema del plan:

## Capacitación

- Dar capacitación al personal acerca de: toxicidad del mercurio, medidas de seguridad y riesgos de exposición a los desechos de mercurio
- Establecer y capacitar al personal acerca de un procedimiento adecuado para recolectar el mercurio en caso de ruptura de un insumo o derrame del metal.
- Evaluar al personal al final de la capacitación para asegurar la comprensión del tema
- Explicar el equipo de protección que el personal debe utilizar al momento de recoger un insumo o desecho que contenga mercurio. Tomando en cuenta el uso de bata, lentes de protección, mascarilla, guantes y evitar el uso de joyas mientras realiza ésta labor.

## Kit de limpieza

- Implementar el kit de limpieza en las áreas de trabajo del personal, para que en caso de una emergencia cualquier persona pueda tener acceso al Kit de control de derrames.
- El kit debe incluir los insumos básicos presentados en este trabajo según el Ministerio de Salud Pública en el año 2010-

## Almacenamiento de desechos

- Debe designarse un lugar específico (bodega), para el almacenamiento de los desechos que contengan mercurio, ya que no es posible eliminarlo.
- Mantener los desechos identificados correctamente y lejos de otro tipo de desechos para evitar confusión

## Supervisión

- Designar a una persona encargada de la supervisión del personal mientras efectúa la disposición de desechos de mercurio, así como la supervisión constante del equipo de protección que dicho personal debe utilizar al momento de realizar su labor diaria.

## Sustitución

- Sustituir el equipo e insumos que contengan mercurio por las alternativas ya mencionadas.
- Descontinuar las prácticas donde se utilicen reactivos con mercurio.