

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**“TRATAMIENTO DE DESECHOS QUÍMICOS QUE SE  
PRODUCEN EN LA ESCUELA DE QUÍMICA FARMACÉUTICA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**

Informe final

Presentado por:

BRENDA ESTEFANÍA MIRANDA MORALES

DAVID ALEJANDRO MARTÍNEZ MORALES

HUGO RENÉ CARDONA SANDOVAL

MARÍA ALEJANDRA ORDÓÑEZ MAZARIEGOS

Para optar al título de:

Químicos Farmacéuticos

Guatemala, Septiembre de 2012

## JUNTA DIRECTIVA

Oscar Cóbar Pinto, Ph.D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.	Secretario
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal I
Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. Fausto René Beber García	Vocal IV
Br. Carlos Francisco Porras López	Vocal V

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A la Universidad de San Carlos de Guatemala**

Por brindarnos el conocimiento, la virtud de la perseverancia y el sentido de pertenencia. Esperamos poder contribuir a su mejora con este Seminario.

### **A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**

Por acogernos durante nuestros años de estudio y por demostrarnos día a día que la perseverancia y la paciencia son la clave para triunfar.

### **A la Licda. Lucrecia Margarita Peralta de Madriz**

Por su apoyo, tiempo y asesoría en este Seminario. Gracias Licenciada por alentarnos en todo momento.

### **A la Licda. Lillian Raquel Irving Antillon**

Gracias por el tiempo invertido y el apoyo hacia nosotros y nuestro Seminario.

### **A la Licda. Marta María del Cid Mendizabal**

Por su valiosa colaboración en revisar el Manual de Gestión de Desechos Químicos. Estamos muy agradecidos.

### **Especialmente a la Licda. Jannette Sandoval de Cardona**

Por su incalculable apoyo y por todo el tiempo invertido. Realmente esto no hubiese sido posible sin su ayuda. Dios la bendiga.

A todos los que directa o indirectamente colaboraron en el desarrollo de este Seminario de Investigación, agradecemos grandemente sus muestras de apoyo.

## DEDICATORIAS

### **A Dios**

Por darme la vida, inteligencia, sabiduría y perseverancia en todo el transcurso de mi carrera.

### **A mis padres**

Erick Miranda y Lorena de Miranda por su amor incondicional, regaños, apoyo y sobre todo por ser mi guía en todo momento de mi vida. ¡Este triunfo es de ustedes!, los amo.

### **A mi hermanito**

Ángel Gabriel por ser mi luz, mi angelito y por traer tanta felicidad a mi vida. Te amo lito.

### **A mis abuelitos**

Por consentirme y darme todo su amor, ternura y sabiduría los amo Papadario, Mamamargo, Paparturo y Mamavila.

### **A mis tíos, primos y demás familia**

Porque de una forma u otra me han mostrado su apoyo y cariño incondicional en todo momento.

### **A mis amigos**

Por todas las alegrías, tristezas, y enojos vividos, porque esta experiencia no hubiera sido la misma sin ustedes, los llevo en mi corazón.

### **A mis compañeros de seminario**

Por todo lo vivido en el transcurso de la carrera y en la elaboración de este trabajo de investigación porque a pesar de todo lo logramos y no pude haber pedido mejores amigos y compañeros. Los quiero infinitamente.

### **A mi país Guatemala**

Porque mi servicio como profesional ayude a mejorar esta nación.

Y a todos los acá presentes gracias por compartir este logro y dicha conmigo a todos los quiero mucho.

*Brenda Estefanía Miranda Morales*

## **DEDICATORIAS**

### **A Dios**

Por ser mi fuente inspiradora, el motor de mi vida y quien hace que TODO sea posible.

### **A mis padres**

José Martínez y Consuelo de Martínez porque sin su amor, apoyo y dedicación no sería nadie. Gracias por ser un ejemplo de lucha, perseverancia y amor; pero sobre todo por ser mi guía y mis mejores amigos en todo momento. Esto es por ustedes y para ustedes.

### **A mis hermanos**

Erick, Jessica y Andrea por ser mi fortaleza, mi apoyo, mi luz y los mejores compañeros de vida que Dios me pudo haber regalado.

### **A mis abuelos**

Gracias por ser el mejor ejemplo de nobleza y amor.

### **A toda mi familia**

A toda la familia Martínez Morales por apoyarme en todo momento, por ser mis cómplices, amigos y maestros, por enseñarme el valor de trabajar en equipo.

### **A mis amigos y novia**

Mi otra familia, porque cada día me demuestran que la vida es una perfecta aventura que hay que disfrutar, por apoyarme y enseñarme que para todo existe una solución.

### **A mis compañeros de seminario**

Gracias por compartir este triunfo conmigo amigos, a pesar de todas las adversidades lo logramos. Los aprecio mucho y espero esta sea uno de muchos triunfos juntos.

*David Alejandro Martínez Morales*

## DEDICATORIAS

### **A Dios**

Por darme la vida y la sabiduría para vivirla, ser mi luz en el camino y mi fuente de inspiración. Gracias por darme cada día las fuerzas para seguir adelante y no dejarme desmayar.

### **A mis padres**

Jannette Sandoval y Hugo Cardona por el apoyo incondicional en todo momento, su confianza, su amor, por su ejemplo de lucha y perseverancia para lograr las metas. Este triunfo va dedicado a ustedes.

### **A mis hermanas**

Any y Cynthia les tengo un cariño inmenso, gracias por apoyarme en todo, y hacer de la mejor manera su papel de hermanas mayores. Han sido y serán un gran ejemplo para mí.

### **A mis sobrinas**

Ceci y Clarita son mi luz y mis ganas de no perder ese niño interior, las llevo conmigo en cada momento de mi vida.

### **A mis amigos**

Por tantos momentos vividos, las risas, enojos, frustraciones y logros nada hubiera sido igual sin ustedes. Gracias por estar a mi lado en todo momento sin importar las circunstancias.

### **A mi grupo de Seminario**

Por el esfuerzo de cada uno puesto en este trabajo, a pesar de los obstáculos y dificultados logramos salir adelante. Son una parte muy importante y valiosa de mi vida.

*Hugo René Cardona Sandoval*

## DEDICATORIAS

### **A Dios**

Por ser la verdad de mi vida. Gracias por tu incondicional amor y perdón, por llevarme en tus brazos cada vez que flaquearon mis pasos. Este triunfo es tuyo.

### **A mi Madre**

Ligia. Gracias madre por ser la gasolina de este motor, por tus lágrimas y sonrisas con las que forjaste mi vida, por ser la arquitecta de mi destino. Mis sentimientos son mucho y mis palabras son pocas para decirte tanto. TE AMO ENTRAÑABLEMENTE.

### **A mi Padre**

Tito. Gracias padre porque desde tu cielo sigues guiando mi vida. Porque tu amor y ejemplo trasciende la muerte. Siempre significarás el verbo SER el signo MAS y la palabra SIEMPRE. Te amo y te extraño.

### **A mis hermanas**

Luisa y Camila por ser mis compañeras, por ser luz, apoyo y alegría en mi vida. Las amo con el alma.

### **A mis abuelitos**

Carlos, Leah, Fulvis y especialmente a mi Abi. Gracias viejita por tu amor y apoyo incondicional durante toda mi vida, no tengo palabras para agradecerte.

### **Al mejor equipo**

Mi familia Ordoñez, Mazariegos. Gracias porque seguimos demostrando que juntos siempre seremos mejores y que amor es lo único que se necesita.

### **A mi Novio**

Mako. Gracia por amarme, apoyarme y sobre todo alentarme siempre a ser mejor. Te amo.

### **A mis amigos**

Elisa, Rodrigo, Morsa y Melón. Gracias por los sueños compartidos, por las victorias y las derrotas encontradas en nuestros caminos. Los llevo en mi corazón.

### **A mis compañeros de seminario**

Porque no pudo con nosotros el camino, ni las dificultades. Gracias amigos por caminar conmigo y sobre todo por trabajar juntos para lograr esta meta. Los quiero enormemente y me siento feliz de llegar aquí junto a ustedes.

### **A mi Guatemala**

A mi patria que llora y sufre, pero que también se levanta y camina. Espero que a través de mi trabajo logre verte grande como lo han soñado mis ojos

María Alejandra Ordoñez Mazariegos

*Nacemos para vivir, por eso el capital más importante que tenemos es el tiempo, es tan corto nuestro paso por este planeta que es una pésima idea no gozar cada paso y cada instante, con el favor de una mente que no tiene límites y un corazón que puede amar mucho más de lo que suponemos.*

Facundo Cabral

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1. Ámbito de la investigación	1
2. Resumen	3
3. Antecedentes	5
4. Justificación	16
5. Objetivos	18
6. Materiales y Métodos	19
7. Resultados	24
8. Discusión de Resultados	37
9. Conclusiones	51
10. Recomendaciones	53
11. Referencias	55
12. Anexos	58



## 1. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue proyectada con el propósito de establecer un procedimiento adecuado para tratar los desechos químicos que se generan en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica. Con el fin de proporcionar una opción viable de tratamiento de desechos, se tomó en cuenta el tipo de residuo que se generan en cada laboratorio de la Escuela y la infraestructura con que cuenta la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Como primer paso, se realizó un inventario de los desechos químicos que se encuentran almacenados en los laboratorios, los cuales son producto de las prácticas de laboratorios correspondientes a los cursos del pensum de la carrera, así como de investigaciones que se realizan en los Departamentos de la Escuela. Se procedió a identificar y cuantificar los mismos, posteriormente se les clasificó en categorías de acuerdo a su naturaleza química.

Con el inventario y clasificación de los desechos químicos, se procedió a investigar los posibles métodos que podrían aplicarse para su tratamiento. Los métodos encontrados fueron ensayados por los autores de la presente investigación, situación que condujo a la identificación y selección de los más adecuados. Los procedimientos propuestos podrán ser aplicados por los mismos estudiantes que realizan prácticas de laboratorio durante el desarrollo de su carrera.

---

<sup>1</sup> *Gestión: Clasificación, identificación, almacenamiento, transporte y la eliminación de residuos, incluida la supervisión de estas actividades, así como la supervisión de los lugares de depósito o vertido después de su inactivación.*

<sup>2</sup> *Constitución Política de la República de Guatemala, Artículo 82. Autonomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala*

La identificación, selección y ensayo de los métodos de tratamiento condujo a la elaboración de un Manual de Gestión<sup>1</sup> de Desechos Químicos. En este manual se incluye la correcta clasificación, identificación, almacenamiento, los procedimientos para el tratamiento de los desechos químicos, desde el momento en que se estén generando, y evitar así que estos se acumulen y posteriormente se almacenen.

El Manual de Gestión de Desechos Químicos sugerido, puede constituirse en un procedimiento de rutina en los laboratorios en los que se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica. El hecho de que se instituya su uso en cada laboratorio, permitirá que profesores y estudiantes cuenten siempre con una herramienta importante, práctica y sencilla para el tratamiento de los desechos. Consiguientemente, se evitará el almacenamiento de los desechos químicos, previniendo cualquier accidente que pudiera ocasionarse por el almacenamiento de los mismos dentro de los laboratorios y áreas cercanas a los mismos.

La utilización del Manual de Gestión de Desechos Químicos a nivel de los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia puede constituirse en un factor determinante para dar cumplimiento a los fines universitarios, principalmente a aquellos que demandan de la Universidad de San Carlos de Guatemala, *“su contribución al estudio y solución de problemas nacionales”*<sup>2</sup> en este caso específico, a la conservación del medio ambiente.

## 2. RESUMEN

La Universidad de San Carlos de Guatemala tiene el compromiso constitucional de cooperar en el estudio y solución de los problemas nacionales; para cumplir con este compromiso, la Facultad aporta a la sociedad guatemalteca profesionales en las Ciencias Químicas y Farmacia. El desarrollo del plan de estudios para la formación de estos profesionales, obliga a la institución a realizar diversas actividades de aprendizaje. Considerando que un mejor aprendizaje se obtiene a través de la práctica, un alto porcentaje de los cursos que sirve la carrera de Química Farmacéutica, debe desarrollarse por medio de docencia directa y prácticas de laboratorio. Estas prácticas conllevan la necesidad de utilizar reactivos químicos. La utilización de estos tiene como consecuencia directa la producción de desechos, los cuales no pueden ser trasladados a basureros o desagües comunes. Se ha observado que cada práctica, cada curso y cada ciclo lectivo dan lugar a la producción de cantidades considerables de desechos químicos. Esta investigación, consecuentemente, propone una opción para coadyuvar a la resolución de esta problemática de la Escuela, proveyendo, entre otros elementos, para esto un Manual de Gestión de Desechos Químicos

Con el propósito de contribuir con el tratamiento de los desechos que se producen en los laboratorios de la Facultad, se realizó un inventario de los desechos químicos ya existentes, se identificaron, cuantificaron y posteriormente se clasificaron. Se ensayaron metodologías para el tratamiento de estos, tomando en cuenta el costo y las condiciones de infraestructura de los laboratorios evaluados. Derivado de esta investigación, se generó un sistema de etiquetado, se elaboraron mantas en las cuales se detalla información relacionada con los riesgos a los desechos y se creó un Manual de Gestión de Desechos Químicos. Adicionalmente, se sugiere a la Escuela de Química Farmacéutica la contratación de una empresa privada que tenga como principal acción

realizar procedimientos de tratamiento y eliminación de las sustancias que no puedan ser tratadas dentro de las instalaciones de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Las limitaciones en cuanto a infraestructura y fondos disponible de la Escuela de Química Farmacéutica para tratar estos desechos fueron algunos de los obstáculos encontrados, que con tiempo y dedicación de todas las personas involucradas podrían irse minimizando y lograr así promover una cultura más ecológica y amigable, además de crear conciencia en el estudiante de la importancia en el tratamiento adecuado para la eliminación de estos residuos químicos.

### 3. ANTECEDENTES

3.1 En el año 2012, Godoy, M. realizó un trabajo de tesis previo a la obtención del título de Abogado y Notario titulado “Seguro de Responsabilidad Civil Medioambiental en Guatemala”. Este trabajo aporta a la comunidad económica y sociedad en general, la idea de tener los medios necesarios para implementar el seguro de responsabilidad civil medioambiental, para luego, tener la certeza de que cualquier daño que se cause al medio ambiente, sea efectivamente reparado.

Esta tesis argumenta que es de gran importancia jurídica exigir el respaldo de pólizas de seguros que garanticen las operaciones del tráfico comercial, incluyendo la necesidad de que el propio Estado se involucre y cree políticas en las que se fomenten la contratación de seguros ambientales para evitar la pérdida de recursos naturales, ya que de lo contrario no se tendrían suficientes medios económicos para reparar el daño.

Este trabajo de tesis logró enfocar el papel que el Estado debe desempeñar en la promoción de la obligatoriedad de este tipo de seguro mediante la creación de la Ley de Responsabilidad Medioambiental, para fomentar un equilibrio económico y jurídico en el uso del medio ambiente; en la cual el Estado de Guatemala debe intervenir como sujeto beneficiario en la contratación de un Seguro de Responsabilidad Civil Medioambiental.

A través del Seguro de Responsabilidad Civil Medioambiental se busca tener un control directo sobre la protección de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente, poniendo en práctica la máxima que “quien contamina, paga y repara”. (Godoy, M. 2012)

3.2 En 2011. Filippi, C. realizó un trabajo de tesis, previo a obtener el título de Químico Farmacéutico, en el que se buscaba evaluar el riesgo químico en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, mediante la aplicación de la guía de observación del método Lest. Los objetivos que se pretendía alcanzar eran los siguientes:

- Evaluar las condiciones de seguridad de las instalaciones de los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica según la guía de Observación del Método Lest.
- Realizar un mapeo de riesgos en cada uno de los laboratorios evaluados para determinar las áreas en donde es mayor la probabilidad de sufrir un accidente.
- Comparar las condiciones de seguridad actuales de los laboratorios de la Escuela de Química farmacéutica de la USAC con las condiciones detectadas en estudios efectuados anteriormente.

Según los resultados obtenidos y las gráficas de riesgo, las condiciones de seguridad, instalaciones físicas, equipo de protección personal y contra accidentes, entre otros, así como la sobrepoblación estudiantil en cada uno de los laboratorios, no son favorables, y por lo tanto se determinó que existe un alto riesgo de sufrir un accidente o que pueda ocurrir algún desastre. Al comparar las condiciones de seguridad actuales de los laboratorios con las condiciones descritas en los estudios anteriores, se determinó que dichas condiciones no han cambiado ni mejorado. (Filippi, 2011).

3.3 En 2008, en la Universidad Autónoma de Honduras un incendio destruyó los laboratorios de Química y Farmacia, en donde una fuga de gas promovió el incendio y posteriores explosiones debido a los reactivos y desechos químicos almacenados dentro de las instalaciones.(anexo No. 11)

3.4 En el 2007 en la Universidad Simón Bolívar (México), Carrillo, llevó a cabo el proyecto titulado: Manejo y tratamiento de residuos químicos en el Laboratorio de Química General de la Universidad Simón Bolívar. El objetivo principal del mismo era investigar el grado de peligrosidad de los residuos que se generan en el Laboratorio de Química General de la Universidad Simón Bolívar con el fin de desarrollar e implementar la metodología necesaria para su adecuado manejo y posible recuperación.

Para su desarrollo, se investigó la peligrosidad de todas las sustancias y residuos según los códigos de la National Fire Protection Association (NFPA), la clasificación del Chemical Abstract Service (CAS) y las normas oficiales mexicanas. Con base en esta información, se elaboraron los procedimientos de seguridad para los laboratorios, el almacenamiento de químicos y el manejo y disposición de residuos. Asimismo, se inició la recopilación de las hojas de seguridad de todas las sustancias químicas que se utilizan.

Finalmente, se estableció una metodología específica para cada residuo, recuperación, neutralización o modificación, entre otros. Estos procedimientos se plasmaron en formatos de diagrama de flujo y junto con las hojas de seguridad, se anexaron al Manual de prácticas de Química General de la Universidad Simón Bolívar. (Carrillo L. 2007)

3.5 En 2007, la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia acuerda crear la “Comisión de manejo de desechos para la Facultad de Ciencias

Químicas y Farmacia” la cual entró en vigencia a partir del 25 de mayo del mismo año, según punto No. 9 del acta No. 19-2007, conformada por un grupo de Profesores Titulares pertenecientes a las distintas Escuelas de la Facultad. Su principal objetivo era elaborar un Programa Permanente de Manejo de Desechos, seguro, eficiente y eficaz.

El 24 de octubre de 2007, según oficio DQO. 951.92. OF la Coordinadora de dicha Comisión informa que “Debido a las múltiples actividades de los integrantes de la Comisión ha sido un poco difícil reunirnos con la periodicidad debida, pero se ha recibido información sobre el tratamiento dado a los desechos por parte de algunos Catedráticos, se ha llegado al consenso de recomendar a las Escuelas, Departamentos y Unidades de Investigación lo siguiente:

- Que en todos los proyectos de investigación y trabajos de tesis, se incluya dentro de los costos la disposición adecuada de los desechos costeados por la institución que financia los proyectos o el mismo tesista, ya que la Facultad no dispone de presupuesto para el efecto y los desechos de acumulan en los laboratorios.
- Que los desechos se separen y almacenen adecuadamente, desde el momento en que generan soluciones acuosas ácidas o alcalinas, libres de metales pesados, sustancias orgánicas (éter, acetona, hexano, acetonitrilo), solventes orgánicos halogenados.
- Que dentro de lo posible se reduzca al mínimo o se elimine el uso de metales pesados, en especial mercurio, ya que la disposición de estos desechos resulta complicada y costosa”.

En el punto décimo de la misma acta, se acuerda crear la “Comisión de Gestión Ambiental para la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia” cuyo objetivo principal consiste en elaborar un Programa Permanente de Gestión



Ambiental para la Facultad. Esta comisión entra en vigencia a partir del 25 de mayo del mismo año.

3.6 Como continuidad al proyecto iniciado en el año 2004 en la cátedra de Química Analítica I, en la Universidad Nacional del Nordeste (Argentina) se realizó el trabajo sobre la gestión de residuos químicos desde la práctica universitaria en donde *Osicka, Rosa M, et. al. (2006)* elaboraron un manual de gestión de Residuos Químicos que identificó los residuos generados habitualmente en los laboratorios químicos en la práctica diaria. Se documentaron los procedimientos y observaciones para la minimización, eliminación y reducción de los residuos generados, almacenados o descargados y para el tratamiento de los residuos químicos peligrosos, según la normativa vigente.

El logro de los objetivos propuestos el proyecto se realizó en tres etapas:

- Investigación bibliográfica
- Investigación del tipo de residuos químicos producidos en los laboratorios de la Facultad de Agroindustrias.
- Elaboración de materiales de difusión respecto al tratamiento de los residuos químicos generados.

Las recomendaciones generales elaboradas, sobre la disposición de los residuos químicos generados en laboratorios educativos, presentó como fin último favorecer el desarrollo de experiencias prácticas acorde a las normativas vigentes de protección y cuidado del ambiente. Despertando en los alumnos participantes un profundo interés en conocer las posibilidades reales de la gestión de residuos, cuando los medios económicos disponibles para ello son

escasos, especialmente por su posibilidad de aplicación en las instituciones educativas donde desarrollarán su actividad profesional.

Por otra parte, el proyecto realizado planteó, por primera vez, la posibilidad de iniciar un trabajo articulado con otras cátedras de la Facultad, con la perspectiva de lograr un efecto multiplicador en la comunidad educativa en lo referente a los residuos químicos generados como consecuencia de las acciones realizadas en docencia e investigación. (Osicka R. 2006)

- 3.7 En los años 2001 y 2002 se realizó un estudio preliminar para conocer la situación del manejo de los desechos peligrosos en los laboratorios de la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Cartago), en donde *Quesada H.* y *Salas J.* tuvieron como fin obtener información que les permitiera diseñar e implementar un sistema de gestión integral de esos desechos.

Este sistema de gestión dio lugar a la elaboración de una Guía de Manejo de Desechos Peligrosos de los Laboratorios del ITCR. Esta guía instruye en cuanto al manejo seguro y apropiado de desechos peligrosos que se generan en los laboratorios de ese Instituto.

La Guía de Manejo de Desechos Peligrosos de los Laboratorios del ITCR priorizó el manejo adecuado de los desechos peligrosos en los laboratorios, especialmente en la reducción de la generación de estos desechos, y así minimizar la amenaza presente o futura para la salud del ser humano y el prevenir el deterioro del ambiente. (Anexo 1)

Por último esta guía ayudó a la clasificación, separación, almacenamiento momentáneo, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos, además

de la organización que cada laboratorio o centro de investigación debe tener sobre el manejo de los desechos peligrosos. Los usuarios de los laboratorios serán responsables del manejo apropiado de los desechos peligrosos que generen; por lo tanto, deberán realizar la separación, clasificación, rotulación, almacenamiento momentáneo, tratamiento y disposición final de estos. También son responsables de llenar las boletas de registros correspondientes y de entregárselas al coordinador o responsable del laboratorio o centro de investigación. (Quesada H. 2002)

3.8 En el año 2000, Asada, A. en su trabajo de tesis, previo a obtener el título como Química Farmacéutica, titulado “Evaluación de los procesos de manejo y eliminación de los desechos químicos en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia” planteó dentro de los objetivos del mismo:

- Identificar los puntos críticos de los procedimientos y las condiciones de eliminación y tratamiento, previo al desecho de los productos químicos producidos por los laboratorios de la Facultad.
- Evaluar las formas de manejo y eliminación de desechos tóxicos generados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Mediante la realización de encuestas a docentes, estudiantes, auxiliares de cátedra y auxiliares de servicio, se recabaron los resultados, mismos que evidenciaron que existe falta de procedimientos escritos e información sobre el destino que tienen los desechos. (Azada, A. 2000)

3.9 En el año de 1995, se realizó un trabajo de tesis, previo a obtener el título de Químico, en el que Orantes, G. propuso distintas metodologías para el

tratamiento de desechos inorgánicos generados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) en particular del Departamento de Análisis Inorgánico. Plantea por un lado un tratamiento fácil, rápido y barato de aguas de desecho proveniente de procesos inorgánicos de análisis y por otro lado el aprovechamiento de desechos que contienen plata; ambos procesos fácilmente aplicables en cualquier laboratorio de tipo docente o industrial en donde se generen dichos tipos de desechos.

Entre los objetivos del estudio se encontraban:

- Eliminar especies tóxicas inorgánicas de aguas de desecho en forma sencilla y económica.
- Identificar las especies químicas que quedan después del tratamiento de las aguas de desecho con el método propuesto.
- Recuperar plata elemental a partir de aguas de desecho que se producen, a partir del método de Mohr.
- Proponer un tratamiento específico para las aguas de desecho que contienen iones cianuro.

Como universo de trabajo se tenían las aguas de desecho de los laboratorios del Departamento de Análisis Inorgánico, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Dichas aguas fueron clasificadas en cinco grupos: desechos básicos, desechos ácidos, desechos neutros, desechos de plata provenientes del método de Mohr y desechos de cianuro.

Los tres métodos aplicados fueron

- Precipitación de metales pesados por medio de hidróxido de calcio (cal hidratada) y nivelación de pH con ácido clorhídrico industrial.

- Recuperación de plata metálica a partir de aguas de desecho que contienen el catión plata, utilizando como reactivo reductor el ácido ascórbico.
- El método de destrucción de cianuro con hipoclorito de sodio al 5%.

Entre las especies químicas identificadas después del tratamiento con cal hidratada se encuentran: cobalto, cobre, hierro, níquel, plomo, estroncio y cinc. Con este mismo método mejoraron notablemente las condiciones físicas (color, turbidez y olor) de las aguas servidas.

Luego de reciclar las aguas que provienen de la aplicación del método de Mohr utilizando el método de ácido ascórbico se logró recuperar plata metálica de alta pureza, con un rendimiento del 80%.

Bajo las condiciones utilizadas en este estudio no fue eficiente la reducción de iones cianuro con hipoclorito de sodio al 5% por lo que el autor propone investigar otro método para los desechos de cianuro. (Orantes G. 1995)

3.10 En el año de 1993, Padilla, S. realizó un trabajo de tesis, previo a obtener el título de Químico, en el que se buscaba establecer las condiciones en las cuales se realizaba la eliminación de los desechos químicos generados por los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para cumplir dicho objetivo se realizó una encuesta a los estudiantes así como al personal docente perteneciente a las cinco carreras que conforman la Facultad, además se realizó una entrevista a los Directores de cada Escuela.

Entre los objetivos del estudio se encontraban:

- Realizar una evaluación diagnóstica de la eliminación de los desechos químicos generados en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Determinar el destino final de los desechos tóxicos que se generan en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Evidenciar la necesidad de establecer estrategias o procedimientos adecuados para la eliminación de los desechos tóxicos.

Luego de una revisión bibliográfica, se realizó un reconocimiento del área de trabajo visitando los diferentes Departamentos que conforman la Facultad. Con base en la revisión y la visita se procedió a la elaboración de la encuesta, que fue realizada a estudiantes de 9no ciclo y personal docente de la Facultad. Por último se realizó una entrevista al Director de cada Escuela y al personal de servicio para conocer su opinión en cuanto a la eliminación de los desechos tóxicos generados.

Con la realización de las encuestas y entrevistas se concluyó lo siguiente:

- La Facultad no cuenta con procedimientos escritos que regulen la eliminación de desechos tóxicos, por lo que éstos son eliminados de forma arbitraria por cada Departamento.
- Gran parte de los desechos generados son derramados sobre el terreno ubicado al sur del edificio T13, y en algunos casos los desechos son eliminados en las cañerías de los lavatrastos de los laboratorios.

- Es necesario establecer procedimientos para sistematizar permanentemente la práctica de eliminación de desechos en forma adecuada dentro de la Facultad.
- La cantidad de desechos que se generan tiende a incrementar a medida que crece la población estudiantil por lo que se hace énfasis en el establecimiento de formas adecuadas de eliminación de los desechos.
- No se evidencia interés por parte de los docentes y autoridades respecto a la colección y eliminación de los desechos de los laboratorios. (Silvia P. 1993)

#### 4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se observa una creciente preocupación acerca de los efectos de la vida moderna sobre la sostenibilidad del medio ambiente, debido a que se ha incrementado la producción industrial y consecuentemente la generación de desechos. Esta preocupación se ve reflejada en el esfuerzo de algunas organizaciones interesadas en crear conciencia sobre la conservación del medio ambiente, para tener derecho a una vida más saludable para las poblaciones. Este cuidado del medio ambiente proviene de los países en donde el desarrollo industrial es mayor al de países en vías de desarrollo como Guatemala, por consiguiente el impacto en el medio ambiente, la salud y la estabilidad ecológica en dichos países es más grande. Los esfuerzos han sido encaminados a formar opinión pública y posteriormente a crear leyes que regulen el hacer en la producción y manejo de residuos producidos, principalmente por el hombre.

No solamente el desecho de la industria altera el equilibrio ecológico; a este desequilibrio se suman aquellos desechos generados en los laboratorios de análisis químicos, incluso a pequeña escala, los cuales contribuyen a la contaminación y deterioro del ambiente. En actividades de docencia e investigación se utilizan reactivos que, a pesar de no ser cantidades muy grandes, provocan desechos que pueden ocasionar algún daño al medio ambiente o a la salud de toda persona que se encuentre en contacto directo o indirecto con los mismos.

En la Escuela de Química Farmacéutica no se tiene establecido un mecanismo para el manejo de los desechos químicos que en los diferentes laboratorios de la misma se generan. Se imparten prácticas de laboratorio a estudiantes, así también se llevan a cabo proyectos de investigación en donde se generan este tipo de sustancias y por lo general, no se conoce el manejo de estos residuos, acumulándose en las instalaciones



de los laboratorios en la mayoría de los casos, por carecer principalmente de los recursos para eliminarlos o de procedimientos adecuados.

Debido a la falta de un sistema adecuado para el tratamiento de desechos, la población universitaria que realiza prácticas de laboratorio o de investigación únicamente acumula los desechos químicos que produce. La eliminación inadecuada de los reactivos y productos utilizados, la falta de identificación de los mismos y el mal almacenamiento pueden ser causa de contaminación ambiental y de accidentes. Es por ello que es necesario crear un Manual de Gestión que reúna la información actualizada para la clasificación, segregación, etiquetado, almacenamiento y eliminación de los productos químicos utilizados, y que contenga además, procedimientos sencillos para la correcta disposición y manejo de estos productos.

Se propone un Manual de Gestión ya que el término gestión contempla los procesos de generación, manipulación, acondicionamiento, almacenamiento, transporte y destino o tratamiento final, todo ello sin causar impactos negativos al medio ambiente o a los seres vivos, y de ser posible, con un coste reducido.

Los daños ocasionados al medio ambiente y a la salud por el mal manejo de los residuos químicos pueden ser de alto impacto. Es por ello, que es necesario e importante que la Escuela de Química Farmacéutica, cuente con un eficiente manejo de los residuos generados dentro de sus laboratorios y un método a seguir por catedráticos, estudiantes, auxiliares de cátedra y personal técnico y de servicio, tanto a nivel Facultativo como a nivel Universitario para el tratamiento de dichas sustancias.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 General

- 5.1.1 Estructurar un sistema adecuado para el manejo, tratamiento y eliminación de los desechos químicos que se generan en los laboratorios que imparten docencia de la Escuela de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

### 5.2 Específicos

- 5.2.1 Determinar la cantidad de desechos químicos que se generan en los laboratorios que imparten docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.
- 5.2.2 Definir una metodología adecuada y viable para el tratamiento de los desechos químicos generados en los laboratorios que imparten docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.
- 5.2.3 Elaborar un manual para el adecuado manejo y gestión de los desechos químicos generados en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica.
- 5.2.4 Proponer técnicas para disminuir la cantidad de desechos químicos que se generan en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica.
- 5.2.5 Recomendar una política de manejo de desechos químicos ante las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia tomando en cuenta las normativas vigentes en el país.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Universo**

Laboratorios que imparten docencia de la Escuela de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia que generan desechos químicos.

### **6.2 Muestra**

Laboratorios de los Departamentos de Química Medicinal, Análisis Aplicado y Farmacognosia y Fitoquímica, donde se imparte docencia en la Escuela de Química Farmacéutica y que generan desechos químicos.

### **6.3 Medios**

#### **6.3.1 Recursos Humanos**

##### **6.3.1.1 Autores:**

- 6.3.1.1.1 Hugo René Cardona Sandoval
- 6.3.1.1.2 -David Alejandro Martínez Morales
- 6.3.1.1.3 Brenda Estefanía Miranda Morales
- 6.3.1.1.4 María Alejandra Ordoñez Mazariegos-

**6.3.1.2 Asesora:** Licenciada Lucrecia Peralta de Madriz-

**6.3.1.3 Revisora:** Licenciada Lillian Irving Antillón

**6.3.1.4 Colaboradora en la revisión del Manual de Gestión de Desechos Químicos:** Licda. Marta María del Cid Mendizabal

### **6.4 Materiales**

- 6.4.1 Equipo y cristalería del Laboratorio del Departamento de Química Medicinal
- 6.4.2 Reactivos químicos
- 6.4.3 Computadora e impresora
- 6.4.4 Materiales de oficina

## 6.5 Metodología

6.5.1 Inventario de desechos químicos.

6.5.2 Revisión Bibliográfica

6.5.3 Ensayo de metodologías viables según infraestructura y presupuesto para el tratamiento de desechos químicos.

**6.5.3.1** Metodologías empleadas para el tratamiento de desechos químicos:

### 6.5.3.1.1 Metodología Mezcla de Desechos ácidos – básicos

#### **Materiales**

- Solución de  $\text{CaOH}_2$  al 32%
- Dilución de ácido clorhídrico
- Agua
- Cubeta plástica 5 galones, preferiblemente de polietileno de alta densidad
- Agitador
- Papel pH
- Equipo de seguridad

#### **Procedimiento**

1. Se mezcla el desecho ácido con el básico aproximadamente en una proporción de 1:6. Medir pH.
2. Neutralizar adicionando lentamente la solución de  $\text{CaOH}_2$  al 32% o de Ácido Clorhídrico, con constante agitación. PRECAUCIÓN AL AGITAR, REACCIÓN EXOTÉRMICA.
3. Medir pH y corroborar la neutralización.
4. Decantar y filtrar\* el sobrenadante.
5. El sólido encapsularlo en cemento con recubrimiento de pintura epóxica o barniz

### 6.5.3.1.2 Tratamiento de desechos ácidos

#### **Materiales**

- Solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al 32% o NaOH al 10%
- Agua
- Cubeta plástica 5 galones, preferiblemente de polietileno de alta densidad
- Agitador
- Papel pH

#### **Procedimiento**

1. Se mezcla cuidadosamente el desecho ácido con agua aproximadamente en una proporción de 1:7 (si se utiliza de neutralizante  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ); 1:5 (si se utiliza de neutralizante NaOH). Medir pH.
2. Neutralizar adicionando lentamente la solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al 32% o NaOH al 10% con constante agitación. PRECAUCIÓN AL AGITAR, REACCIÓN EXOTÉRMICA.
3. Medir pH y corroborar la neutralización.
4. Decantar y filtrar\* el sobrenadante.
5. El sólido encapsularlo en cemento con recubrimiento de pintura epóxica o barniz.

### 6.5.3.1.3 Tratamiento de desechos básicos

#### **Materiales**

- Solución de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico
- Agua
- Cubeta plástica 5 galones, preferiblemente de polietileno de alta densidad

- Agitador
- Papel pH

#### **Procedimiento**

1. Se mezcla cuidadosamente el desecho básico con agua aproximadamente en una proporción de 1:7 (si se utiliza de neutralizante HCl); 1:5 (si se utiliza de neutralizante H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Medir pH.
2. Neutralizar adicionando lentamente la solución de HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con constante agitación. PRECAUCIÓN AL AGITAR, REACCIÓN EXOTÉRMICA.
3. Medir pH y corroborar la neutralización.
4. Decantar y filtrar\* el sobrenadante.
5. El sólido encapsularlo en cemento con recubrimiento de pintura epóxica o barniz

#### **6.5.3.1.4 Tratamiento para metales pesados**

##### **Metodología Hipoclorito de Sodio al 5%**

#### **Materiales**

- Hipoclorito de Sodio al 5% (Cloro Comercial)
- Cubeta plástica 5 galones, preferiblemente de polietileno de alta densidad
- Agitador
- Papel pH

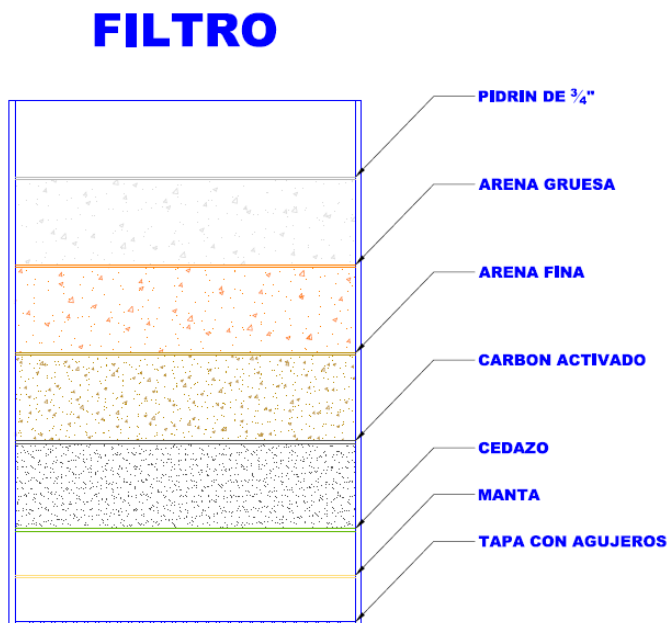
#### **Procedimiento**

1. Agregar un exceso de Hipoclorito de Sodio al 5%, hasta un pH=14
2. Dejar reposar 24 horas para asegurar la reacción de precipitación de los óxidos metálicos.
3. Medir pH del sobrenadante y tratar como desecho básico

4. Decantar y filtrar\* el sobrenadante
5. El sólido encapsularlo en cemento con recubrimiento de pintura epóxica o barniz.

*Nota: también puede utilizarse cloruro férrico, sulfato de hierro, sulfuro de hierro y sulfato de sodio como agente precipitante, pero son de mayor costo económico y los resultados son menos efectivos.*

### **\*Filtro**



6.5.4 Entrevistas a catedráticos de la Escuela de Química Farmacéutica y/o Jefes de Departamentos.

6.5.5 Datos observacionales

## 7 RESULTADOS

**Tabla No. 1:** Cantidad de desechos químicos generados en los laboratorios de docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

Desechos Químicos Escuela de Química Farmacéutica				
Depto.	Tipo de Desecho	Cantidad aproximada en base a observación	Observaciones importantes	Producción anual estimada de desechos químicos
Análisis Aplicado	Ácidos	18 galones	En la identificación de los envases observados no se indica una clasificación específica de las familias de los desechos. Por ejemplo no se dividen los desechos orgánicos como éter, etanol, cloroformo, etc.	1.12 galones
	Básicos	25 galones		1.56 galones
	Orgánicos	18 galones		1.12 galones
	Inorgánicos	6.5 galones		0.41 galones
	Metales pesados	2 galones		0.12 galones
	Mercurio	300 ml		Debido a la toxicidad de estas sustancias ya no se utilizan.
	Cianuro	100 ml		
	Desconocido	9 galones		--
Fitoquímica	Ácidos	8 galones		1.14 galones
	Básicos	3 litros		0.5 litros
	Orgánicos	21 galones		3 galones
	Inorgánicos	1.5 galones		0.20 galones
	Metales pesados	1 litro		0.14 litros
	Desconocido	2.5 galones		0.36 galones
Química Medicinal	Ácidos	4.5 galones		0.75 galones
	Básicos	6 galones		1 galón
	Orgánicos	9 galones		1.5 galones
	Inorgánicos	3 galones		0.5 galones
	Metales pesados	9.5 galones		1.58 galones
	Mercurio	1 litro		Debido a la toxicidad de estas sustancias ya no se utilizan.
	Desconocido	5 galones		--
	Plata	2 litros		0.12 litros
	Piridina	1 litro		Ya no se realizan prácticas que los produzcan.

**Fuente:** Datos experimentales en base a observación/ información proporcionada por jefes de departamento Química Medicinal: desde aprox. 2006, Análisis Aplicado: desde aprox. 1996, Farmacognosia y Fitoquímica: desde aprox 2006



**Tabla No. 2:** Metodologías para el tratamiento de desechos ácidos generados en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

Método	Cantidad de residuo	pH inicial	Neutralizante	pH final	Destino	Costo por dos galones de desecho
Tratamiento con soda cáustica	Desecho ácido diluido con agua a una proporción 1:7	3	Solución NaOH 10%, cantidad suficiente para neutralización	7	Decantar y filtrar sobrenadante. Encapsular el sólido y recubrir con pintura epóxica o barniz.	cemento Q.20.00 arena Q.20.00 pintura epóxica Q.50.00 soda caustica Q. 5.00
Tratamiento Lime Slurry	Desecho ácido diluido con agua a una proporción 1:5	1	Solución Ca(OH) <sub>2</sub> 32%, cantidad suficiente para neutralización	7	Decantar y filtrar sobrenadante. Encapsular el sólido y recubrir con pintura epóxica o barniz.	cemento Q.20.00 arena Q.20.00 pintura epóxica Q.50.00 Ca(OH) <sub>2</sub> Q. 5.00
Tratamiento Mezcla de desechos ácidos y básicos	Desecho ácido mezclado con desecho básico a una proporción de 1:6	6	Solución de Ca(OH) <sub>2</sub> 32% cantidad suficiente para neutralización	7	Decantar y filtrar sobrenadante. Encapsular el sólido y recubrir con pintura	cemento Q.20.00 arena Q.20.00 pintura epóxica Q.50.00

Fuente: Datos experimentales, [http://orf.od.nih.gov/Environmental+Protection/Waste+Disposal/chem\\_compat.htm](http://orf.od.nih.gov/Environmental+Protection/Waste+Disposal/chem_compat.htm)

Clave de color:



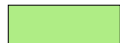
Metodología más viable

**Tabla No. 3:** Metodologías para el tratamiento de desechos básicos generados en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

Método	Cantidad de residuo	pH inicial	Neutralizante	pH final	Destino	Costo por dos galones de desecho
Tratamiento con ácido clorhídrico	Desecho básico diluido con agua a una proporción 1:7	10	Solución HCl 6N, cantidad suficiente para neutralización	7	Decantar y filtrar sobrenadante. Encapsular el sólido y recubrir con pintura epóxica o barniz.	cemento Q.20.00 arena Q.20.00 galón pintura epóxica Q.50.00 2.5 L de HCl Q.310.80
Tratamiento con ácido sulfúrico	Desecho básico diluido con agua a una proporción 1:5	10	Solución H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2N, cantidad suficiente para neutralización	7	Decantar y filtrar sobrenadante. Encapsular el sólido y recubrir con pintura epóxica o barniz.	cemento Q.20.00 arena Q.20.00 galón pintura epóxica Q.50.00 2.5 L de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Q.710.00
Tratamiento mezcla de desechos ácidos y básicos	Desecho ácido mezclado con desecho básico a una proporción de 1:6	6	Solución de Ca(OH) <sub>2</sub> 32% cantidad suficiente para neutralización	7	Decantar y filtrar sobrenadante. Encapsular el sólido y recubrir con pintura epóxica o barniz.	cemento Q.20.00 arena Q.20.00 galón pintura epóxica Q.50.00

Fuente: Datos experimentales, [http://orf.od.nih.gov/Environmental+Protection/Waste+Disposal/chem\\_compat.htm](http://orf.od.nih.gov/Environmental+Protection/Waste+Disposal/chem_compat.htm) reactivos cotizados en Merck chemicals.

Clave de color:



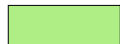
Metodología más viable

**Tabla No. 4:** Metodología adecuada y viable para el tratamiento de los desechos orgánicos generados en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

Tipo de Desecho	Metodologías Investigadas	Observaciones	Costo Aproximado
Orgánicos	→ Recuperación por destilación	Es un método poco adecuado debido a la mezcla de sustancias químicas que pueden encontrarse en los envases de desechos por lo que su separación por puntos de ebullición sería ineficaz invirtiendo demasiado tiempo y recurso.	Equipo de destilación Q.4,000.00
	→ Incineración a altas temperaturas	Es la metodología más viable ya que al incinerar estos compuestos se logra una eliminación total de los desechos, y con la utilización de un incinerador de doble cámara (ver anexo No. 12) se logra el rompimiento de los anillos de dioxinas y furanos.	Incinerador Servicios por empresa dedicada a la recolección y tratamiento de desechos (Ver anexo No 3.) 500,000.00 USD
	→ Incineración a bajas temperaturas (incineración al aire libre)	Con esta metodología se logra una adecuada eliminación de los desechos pero debido la combustión incompleta se forman los anillos de dioxinas y furanos, contaminando así el ambiente.	
	→ Evaporación bajo la campana	La elevada volatilidad de los desechos orgánicos permite que este sea un método de eliminación sin embargo no es adecuado por la incorporación de dichas sustancias al ambiente.	Campana de extracción de gases Q.25,000.00

Fuente: Díaz, N 2000 "Manual de Gestión de Residuos especiales", cotización de equipo de laboratorio consultado en Dilab S.A. y Labconco.

Clave de color:



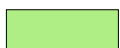
Metodología más viable

**Tabla No. 5:** Metodología adecuada y viable para el tratamiento de los desechos de metales pesados generados en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

Tipo de Desecho	Metodologías Investigadas	Observaciones	Costo aproximado para dos galones de desecho
Metales pesados	→ Precipitación con FeCl <sub>3</sub>	Metodologías poco viables debido al costo elevado de reactivos y a que el desecho presenta una alta concentración de hierro por la naturaleza del agente precipitante. (Ver tabla No. 6)	Cemento Q.20.00 Cloro Q.25.00 Arena Q.20.00 Pintura epóxica Q.50.00 1kg de FeCl <sub>3</sub> Q.529.00
	→ Precipitación con Sulfato de hierro		Cemento Q.20.00 Cloro Q.25.00 Arena Q.20.00 Pintura epóxica Q.50.00 1kg sulfato de hierro Q.160.00
	→ Precipitación con Sulfuro de hierro	Metodología útil ya que se presentan niveles de metales pesados por debajo de límites permisibles (Ver Anexo 3) pero el agente precipitante tiene un costo elevado. (Ver tabla No. 6)	Cemento Q.20.00 Cloro Q.25.00 Arena Q.20.00 Pintura epóxica Q.50.00 1kg sulfuro de hierro Q.231.43
	→ Precipitación con Sulfato de sodio	Presencia de Cromo VI (ver tabla No. 6) por lo que no es eficaz el tratamiento con dicho agente.	Cemento Q.20.00 Cloro Q.25.00 Arena Q.20.00 Pintura epóxica Q.50.00 1kg de sulfato de sodio Q.190.44
	→ Precipitación con Hipoclorito de sodio al 5 %	Es la metodología más viable y adecuada debido al costo y disponibilidad del agente precipitante así como a su eficacia en la formación de óxidos metálicos. (Ver tabla No. 6) $Pb^{+2} + ClO^- \rightarrow PbO_2 + Cl_2$	Cemento Q.20.00 Cloro Q.25.00 Arena Q.20.00 Pintura epóxica Q.50.00

Fuente: Datos experimentales y [://www.usb.edu.mx/downloads/publicaciones/No4/ro4\\_arto7.pdf](http://www.usb.edu.mx/downloads/publicaciones/No4/ro4_arto7.pdf), reactivos cotizados en Merck chemicals.

Clave de color:



Metodología más viable

**Tabla No. 6:** Condiciones de análisis de Fluorescencia de Rayos X:

Equipo	Muestra	Voltaje	Amperaje	Tiempo de exposición	Estándar interno	Factor de dilución	Analista
XAR-E200	20 µL	35 Kvoltios	0.30 miliamperios	200 segundos	Y (Itrio), 5 ppm en cada balón	1	Br. Manuel Muñoz

Fuente: Departamento de Fisicoquímica Universidad de San Carlos de Guatemala.

**Tabla No. 7:** Cuantificación de metales pesados por Fluorescencia de Rayos X en muestras previo al tratamiento y posterior al tratamiento.

No.	Muestra	Co	ppm	Zn	ppm	Fe	Ppm	Cr	ppm	Ni	ppm	Cu	ppm
1	Desecho sin tratar	✗	2.8711	✗	2017.2186	--	--	✗	1.6529	--	--	--	--
2	Desecho + cloruro férrico	--	--	--	--	✗	134.7533	--	--	--	--	--	--
3	Desecho + Sulfuro de hierro	--	--	✕	0.7024	✕	2.1756	--	--	--	--	--	--
4	Desecho + sulfato de hierro	--	--	--	--	✗	30.2315	--	--	--	--	--	--
5	Desecho + sulfato de sodio	--	--	--	--	✕	2.9604	✗	1.6412	✕	3.6694	✕	2.5796
6	Desecho + hipoclorito de sodio	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Datos experimentales

Clave de color:

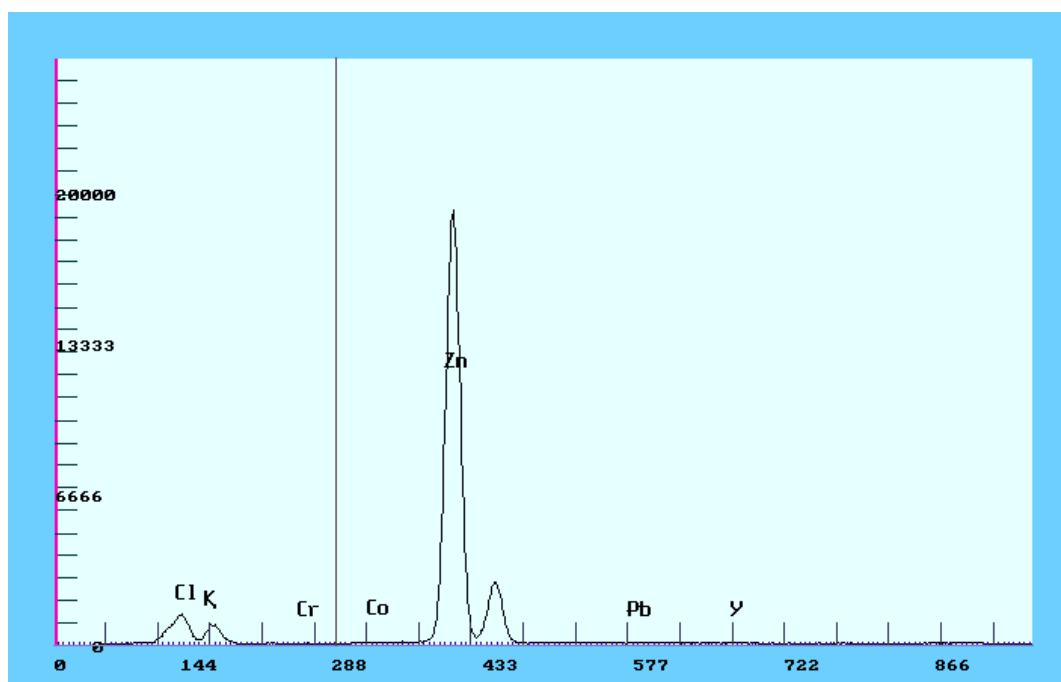


Concentración dentro del límite permisible



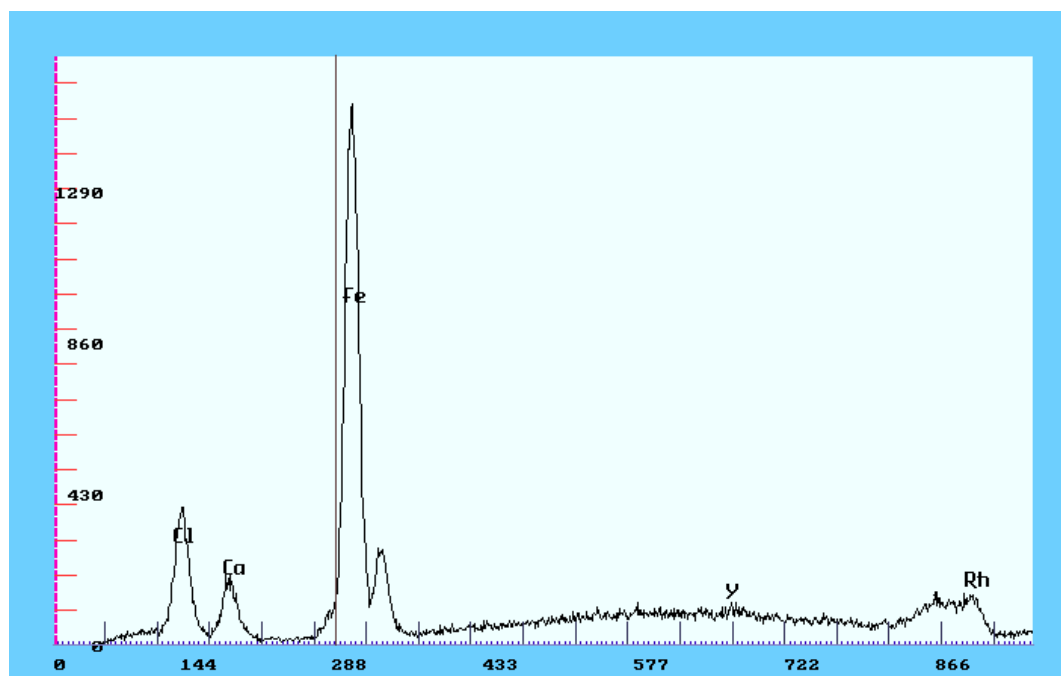
Concentración fuera del límite permisible

**Gráfica 1.** Desechos de metales pesados sin tratar\*



Fuente: Datos experimentales

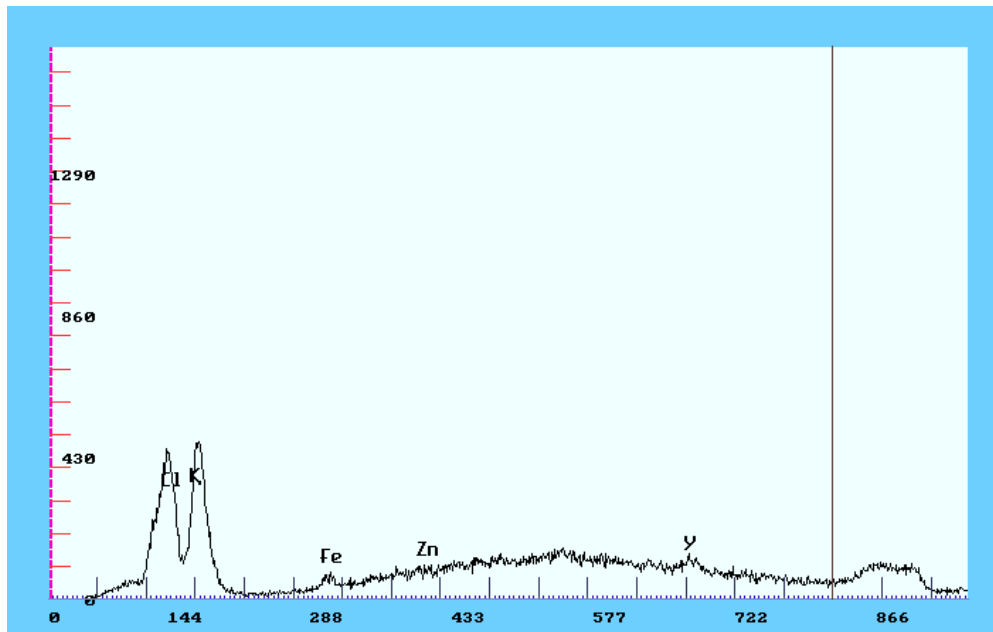
**Gráfica 2** Desechos de metales pesados + Cloruro férrico\*



Fuente: Datos experimentales

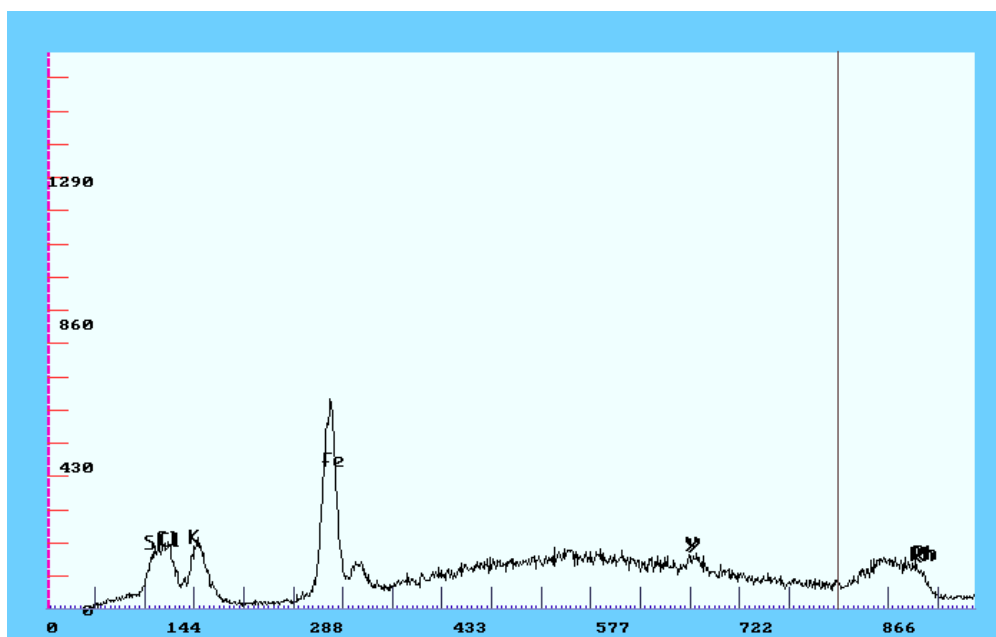
**\*Interpretación de Gráficas:** El eje Y corresponde a la energía absorbida en milivoltios (mV) y el eje X corresponde a la longitud de onda en nanómetros (nm). La concentración se calcula en base al área del pico a su respectiva longitud de onda. Existe una relación directamente proporcional entre la concentración y la altura del pico o el área del mismo.

Gráfica 3. Desechos de metales pesados + Sulfuro de hierro\*



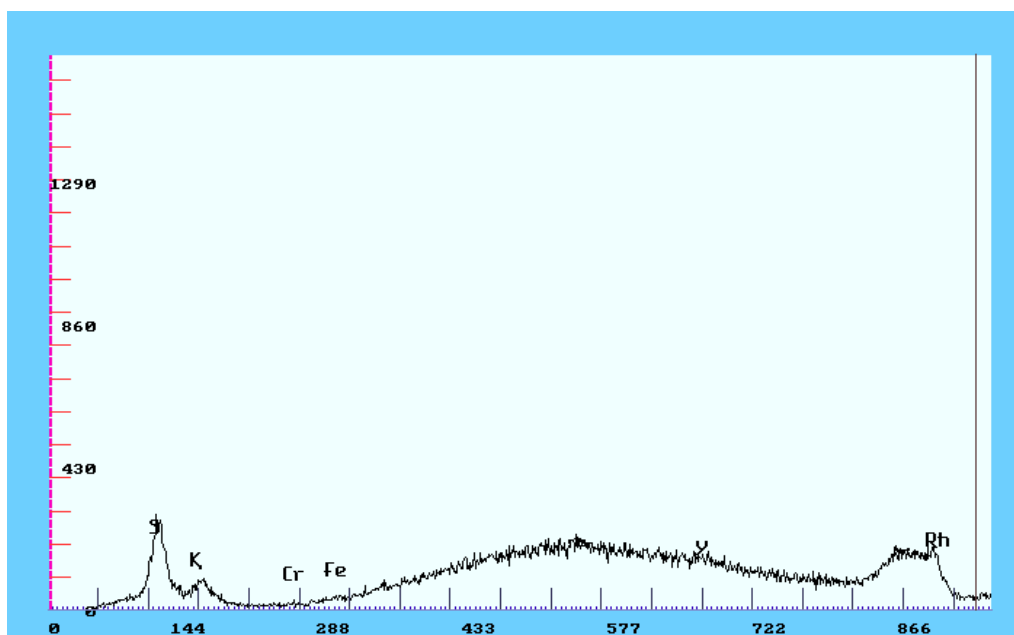
Fuente: Datos experimentales

Gráfica 4. Desechos de metales pesados + Sulfato de hierro\*



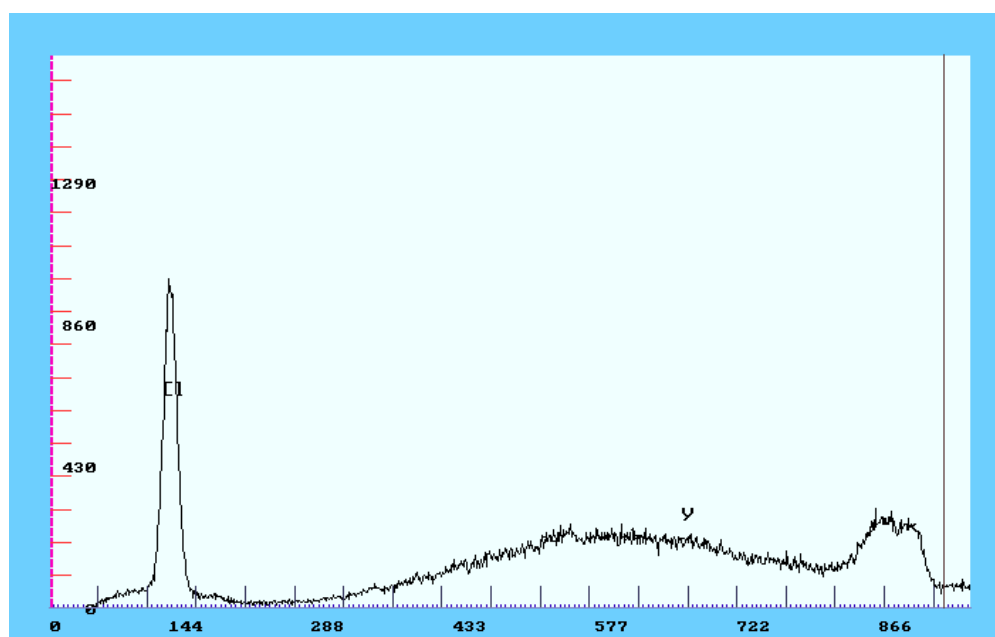
Fuente: Datos experimentales

Gráfica 5. Desechos de metales pesados + Sulfato de sodio\*



Fuente: Datos experimentales

Gráfica 6. Desechos de metales pesados + Hipoclorito de sodio\*



Fuente: Datos experimentales



**Tabla No. 8:** Metodología adecuada y viable para el tratamiento de los desechos de cianuro generados en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

Tipo de Desecho	Metodologías Investigadas	Metodología más viable	Observaciones	Costo Aproximado
Cianuro	Tratamiento con Peróxido de Hidrogeno	No es posible realizar el tratamiento de estos desechos	<p>El tratamiento del cianuro es extremadamente peligroso, debido a la formación de ácido cianhídrico, en la Universidad no se cuenta con la infraestructura y equipo necesario; como las cámaras de extracción de gases y equipos de enfriamiento.</p> <p>Reacción:</p> $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{ON}^- + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CON}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HCO}_3^-$	<p>Servicios por empresa dedicada a la recolección y tratamiento de desechos: Ver cotización adjunta en anexo No. 3</p>

Fuente: <http://www.fmcforet.com/Portals/FMCForetTO/Content/Docs/Aguas/Cianuros/Oxidaci%C3%B3n%20de%20Cianuros%20BT.pdf>

**Tabla No. 9:** Metodología adecuada y viable para el tratamiento de los desechos de bases nitrogenadas y mercurio generados en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

Tipo de Desecho	Metodologías Investigadas	Metodología más viable	Observaciones	Costo Aproximado
Bases Nitrogenadas y Mercurio	Incineración a altas temperaturas	Incineración a altas temperaturas	Por la peligrosidad de estos desechos no es posible tratarlos dentro de las instalaciones de la Universidad ya que son de alto riesgo para la salud. La metodología recomendada es la incineración a altas temperaturas para su completa eliminación. (ver anexo No.9 )	Incinerador 500,000.00 USD Servicios por empresa dedicada a la recolección y tratamiento de desechos (Ver anexo No.3)

Fuente: [www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2012/04/2704](http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2012/04/2704)

**Tabla No.10:** Metodología adecuada y viable para el tratamiento de los desechos inorgánicos generados en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

Tipo de Desecho	Metodologías Investigadas	Metodología más viable	Costo Aproximado
Inorgánicos (a excepción de desechos ácidos, básicos y metales pesados)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sales Inorgánicas: Exceso de Carbonato de sodio y posterior neutralización.</li> <li>→ Reductores: Exceso de Carbonato de Sodio y agua hasta suspensión; posterior neutralización.</li> </ul>	Debido a que la segregación de estos desechos no es la adecuada, es casi imposible determinar la composición exacta de estos desechos etiquetados todos como "Inorgánicos" para lo cual se propone un sistema de etiquetado en el manual de gestión de desechos (ver anexo No.15) esta clasificación viabilizara el tratamiento de dichos desechos.	Por el momento la opción más viable es la incineración de estos desechos. ver cotización adjunta (anexo No. 3)

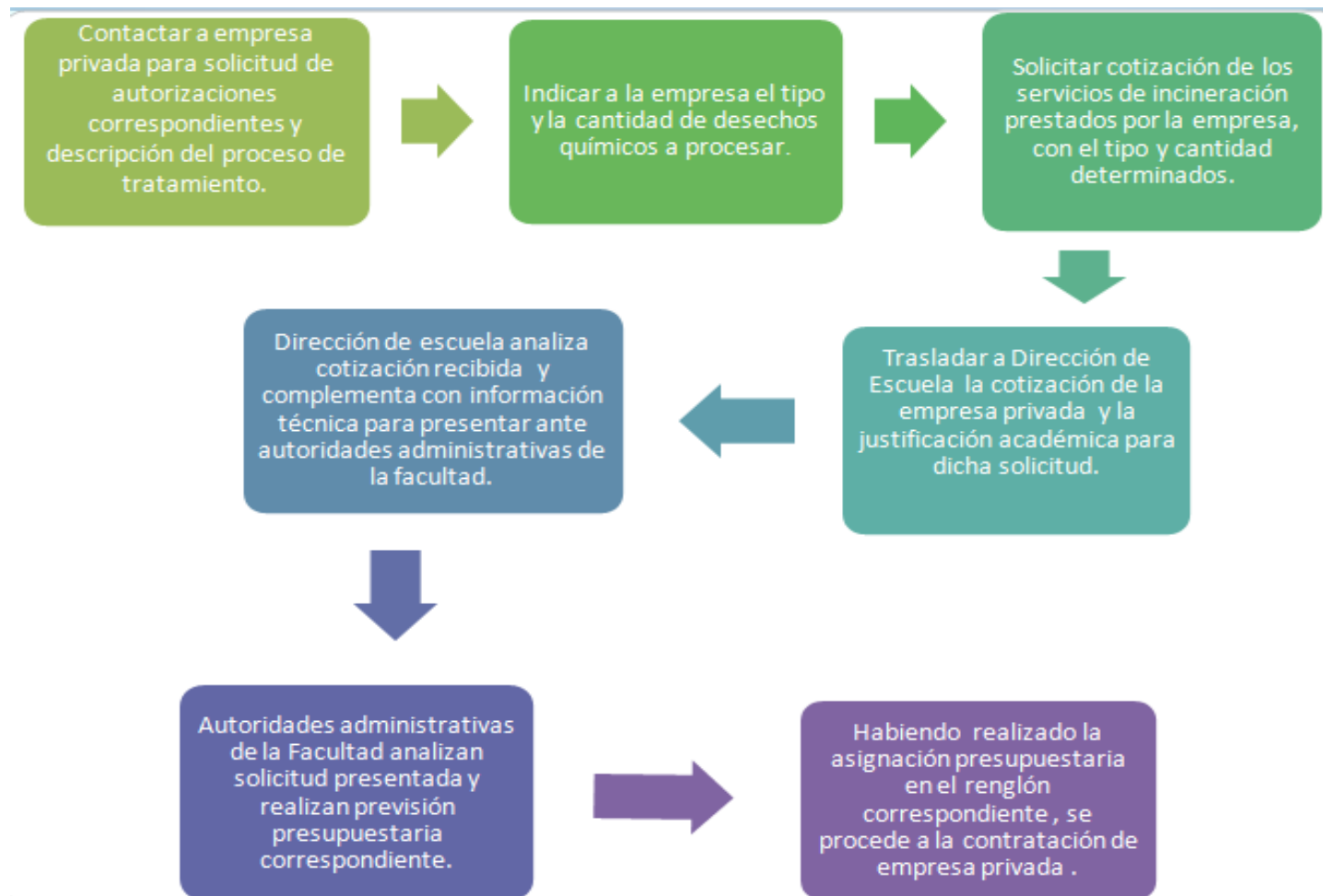
Fuente: [http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid\\_amb/manual.htm](http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid_amb/manual.htm)

**Técnicas para la disminución de cantidad de desechos químicos:**

1. Se plantea que el catedrático del laboratorio evalúe las prácticas a realizar, esto con el fin de disminuir las proporciones de reactivos a utilizar en cada práctica.
2. Formar grupos de laboratorio de aproximadamente 10 estudiantes a los cuales se les asignara un kit de reactivos que será la cantidad máxima a utilizar durante las prácticas de laboratorio.
3. Sensibilización al estudiante de primer ingreso sobre la importancia del uso racional de los reactivos por medio de charlas programadas. Concientización a los estudiantes de años posteriores sobre el uso de reactivos y el manejo y descarte de desechos químicos.
4. Implementación del Manual de Gestión de Desechos Químicos, en los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica, teniendo como principal objetivo proporcionar los lineamientos básicos sobre lo relacionado a los desechos químicos.

*Los resultados que corresponden a los objetivos 3 y 4, se presentan como parte del Manual de Gestión de Desechos, el cual contempla desde la clasificación de los desechos, hasta su eliminación, incluyendo un Protocolo para la Gestión Interna de los desechos químicos dentro de la Escuela de Química Farmacéutica. Un ejemplar del Manual quedará en cada Departamento de la Escuela de Química Farmacéutica. (Véase Anexo No. 13)*

**Diagrama No.1** Proceso de Cotización y Gestión ante Autoridades Administrativas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia para la Contratación del servicio de Empresa Privada para el Tratamiento de Desechos Químicos.



## **8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En los laboratorios de investigación y docencia y en las empresas privadas se manipulan diferentes materiales que contribuyen a la generación de residuos especiales todos los días. Estos desechos permanecen acumulados o en el peor de los casos, son descartados sin el debido tratamiento previo a dicha eliminación.

En Guatemala no existe una legislación para la disposición de desechos químicos, para determinar esto se realizó una búsqueda de normativas y/o reglamentos que tengan relación con el tratamiento o disposición de estas sustancias, encontrando solamente: el Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos de Guatemala, Norma ISO 17025 y 14000.

El primer reglamento hace énfasis en la necesidad de dictar las normas que tiendan a la protección del ambiente como del ser humano estableciendo acciones de prevención, regulación y control de las actividades que causan deterioro y contaminación, como es el correcto manejo de los desechos que por su naturaleza son capaces de diseminar elementos patógenos, los cuales son producidos durante las actividades normales de los hospitales.

El segundo se refiere a que las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga el impacto adverso del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, para lo cual este reglamento dicta normas que garantizan la utilización y el aprovechamiento racional de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, evitando su depredación; la normativa ISO 17025 establece los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración. Se trata de una norma de Calidad, que aporta como principal

objetivo la acreditación de la competencia de las entidades de Ensayo y calibración. Esta norma es aplicada por los laboratorios de ensayo y calibración con el objetivo de demostrar que son capaces de producir resultados técnicamente válidos. La normativa ISO 14000 hace énfasis en cómo establecer un Sistema de Gestión Ambiental efectivo. La norma está diseñada para conseguir un equilibrio entre la rentabilidad y la reducción del impacto en el ambiente; va enfocada a cualquier organización, de cualquier tamaño o sector, que esté buscando reducir los impactos en el ambiente y cumplir con la legislación en materia ambiental.

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución responsable de la Educación Superior estatal del país, en la misma se realiza entre otros, investigación científica que permite generar conocimiento que, en muchos casos, retroalimenta la actividad docente que los profesores realizan.

Derivado del accionar académico de la Escuela de Química Farmacéutica, en algunos laboratorios de docencia, se generan desechos químicos, derivados de las prácticas de que allí se realizan, los cuales por las condiciones y por carecer de una metodología para tratarlos, se han ido acumulando desde hace aproximadamente diez años. Al realizar la presente investigación estos desechos se encontraron acumulados en diferentes recipientes dentro de estos, lo cual implica un riesgo de accidentes para los profesores y estudiantes que realizan diferentes actividades académicas en estas instalaciones. Referente a esto cabe citar el caso de una explosión en la Universidad de Honduras en el año 2008, en donde una fuga de gas promovió el incendio y posteriores explosiones en los laboratorios debido a los reactivos y desechos químicos almacenados dentro de las instalaciones (anexo 11).

La dificultad que se ha presentado en el manejo de estos residuos puede deberse, en primer lugar a la ausencia de una ley que regule la disposición de los mismos;

además, al no haber una legislación vigente provoca que no se considere el tema como una necesidad básica y urgente para evitar el deterioro del medio ambiente y de la salud. A esto se suma el hecho de que el personal que maneja reactivos peligrosos y tóxicos no siempre tiene la orientación, instrucción y conocimiento adecuados para tal manejo.

En el caso de los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, y específicamente en los que pertenecen a la Escuela de Química Farmacéutica, no se encontraron evidencias de que se realice un tratamiento y descarte de estas sustancias.

Según información recabada mediante entrevistas (anexo 12) realizadas a personal docente de los Departamentos de Química Medicinal, Análisis Aplicado y Farmacognosia y Fitoquímica, el tratamiento de los desechos químicos generados en los distintos laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica no es adecuado. De acuerdo con los docentes entrevistados, la cantidad de desechos químicos se ha incrementado en los últimos años. Sin embargo, aún no se cuenta con una política o procedimiento concreto aprobado por autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, que regule la recolección, transporte –de ser necesario-, tratamiento y eliminación de los desechos producidos.

De 1991 a la fecha, los desechos de solventes orgánicos se envasan en recipientes de vidrio oscuro y se almacenan en instalaciones de la Facultad. Cabe mencionar que algunos docentes indican que los desechos producidos en los laboratorios que tienen a su cargo, en su mayoría son orgánicos, volátiles y de elevada toxicidad.

En el Departamento de Química Medicinal, se trataron algunos desechos ácidos, básicos, inorgánicos y metales pesados producidos desde años anteriores a 1990 y hasta el año 2004. Lamentablemente, del año 2004 a la fecha, ha sido imposible dar

continuidad a esta actividad; esto debido a que el incremento en la cantidad de desechos químicos derivados de actividades académicas ha sido proporcional al aumento en la cantidad de estudiantes asignados en los últimos años -llegando incluso a duplicar su número-. El Departamento de Química Medicinal no cuenta con personal suficiente para llevar a cabo el tratamiento de desechos, razón por la cual desde el año 2005, ha solicitado a las autoridades facultativas atender esta necesidad.

Actualmente, en algunos laboratorios los desechos generados se almacenan y acumulan en las campanas de extracción -a modo de evitar el escape de vapores tóxicos al ambiente-, limitando el área disponible de trabajo.

Tomando en cuenta la situación de los desechos químicos que se generan en la Escuela de Química Farmacéutica, los docentes entrevistados recomiendan que:

- Realizar una campaña de concienciación dirigida a estudiantes, profesores y autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Gestionar la elaboración de una política que regule el tratamiento de desechos químicos.
- Gestionar fondos exclusivos del presupuesto de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia para contratar los servicios de una empresa dedicada al tratamiento de desechos.
- Gestionar ante la comisión de mitigación de desastres de la Universidad, para obtener fondos y proponer que la medida sea de aplicación general en la Universidad.

De acuerdo con los docentes, hasta el día de hoy, la situación de los desechos químicos producidos en la Escuela de Química Farmacéutica es preocupante. Se han tomado iniciativas principalmente por los Departamentos de Química Medicinal, Farmacognosia y Fitoquímica y Análisis Aplicado, sin embargo, falta mucho por hacer.



Deben proponerse soluciones reales y tomarse acciones concretas urgentes que involucren a toda la comunidad facultativa, antes que la problemática aumente aún más.

Un factor importante para el tratamiento y disposición de los desechos químicos es la correcta separación cuando los mismos son descartados, ya que de lo contrario pueden ocurrir accidentes, derrames o la formación de una sustancia de naturaleza aún más peligrosa que la inicial; además al no separarse correctamente dificulta en gran medida su tratamiento, situación que se podrá remediar con el uso de la información proporcionada en el Manual (Anexo 13), con la cual se mejora la clasificación para el descarte, información con la que no se cuenta en la actualidad.

En la tabla No. 1 se encuentra un inventario con cantidades aproximadas de los desechos encontrados en los laboratorios en donde se realizó la investigación. Se observa un predominio de desechos ácidos, básicos y orgánicos en todos los laboratorios, así como de metales pesados en el laboratorio del Departamento de Química Medicinal. Se realizó un estimado de la producción anual de desechos químicos, según información proporcionada por los Jefes de Departamento de la Escuela de Química Farmacéutica; los datos obtenidos podrán utilizarse para calcular un presupuesto para el tratamiento de estas sustancias.

Como parte de la investigación realizada, se determinó que es fundamental contar con un Manual de Gestión para residuos químicos que considere distintos aspectos acerca de su manipulación (Anexo 13).

El manual en mención incluye temas relacionados a la gestión de residuos químicos, por lo que se considera conveniente la implementación del mismo en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica para llevar un control de los desechos

(producción, clasificación y disposición final), evitar potenciales accidentes, minimizar así el peligro que representa su manejo inapropiado y disminuir la contaminación que de ellos pueda derivarse.

Tomando en cuenta que debe contarse con un correcto almacenamiento de los desechos químicos, mientras se tratan para su eliminación, el manual incluye información sobre los recipientes más apropiados para el almacenamiento de los mismos siendo estos los bidones fabricados en polietileno de alta densidad (HDPE) y los envases de vidrio color ámbar.

Así mismo, se propone un sistema de etiquetado que es imprescindible cuando se refiere a la correcta identificación de estas sustancias. Se enumeran distintos datos que deben ser incluidos en las etiquetas para identificar de la mejor manera los recipientes de residuos químicos y así llevar un mejor control de los mismos, entre los que están el tiempo de almacenamiento del desecho, el tipo de residuo que contiene, a qué laboratorio y/o departamento pertenece, su grado de peligrosidad, entre otros.

Se hace énfasis en estos dos últimos aspectos (tipos de envases e identificación), ya que actualmente muchos de los recipientes que se utilizan para contener los desechos son poco adecuados y su identificación no siempre es la apropiada, lo que puede provocar confusión en los estudiantes al momento de descartar los residuos en los contenedores específicos, situación que afecta al realizar la inactivación química ya que no se tiene certeza que el recipiente contenga únicamente lo que indica la etiqueta. Además es importante que el estudiante esté familiarizado con un sistema de identificación adecuado, no solo por el hecho de descartar oportunamente los desechos sino por su propia seguridad.

Como parte del proyecto de Seminario se entregaron bidones a los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela (anexo 7), en cajas con arena para promover la seguridad en cuanto a su almacenamiento. Se entregaron tres bidones en los Departamentos de Análisis Aplicado y Química Medicinal y dos en el Departamento de Fitoquímica.

El Manual de Gestión de Desechos Químicos incluye las metodologías de tratamiento para los desechos ácidos, básicos y metales pesados ya que son las únicas que se pueden realizar dentro de las instalaciones de los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela Química Farmacéutica. En las mismas se describen los procedimientos más adecuados que pueden llevarse a cabo para inactivar químicamente los desechos y así poderlos descartar. Estas metodologías son consideradas viables económicamente y de fácil realización por lo que pueden ser llevadas a cabo por estudiantes, docentes e investigadores.

Se recomienda que el Manual de Gestión presentado, se presente y se socialice entre el personal docente, de investigación y estudiantil de la Escuela de Química Farmacéutica, con el propósito de que se conozca el procedimiento adecuado para la gestión de desechos.

La mejor opción es la educación preventiva del estudiante o persona que utilice los laboratorios y genere cualquier tipo de desechos químicos, la misma debe enfocarse principalmente en la reducción de los desechos generados, así como la correcta identificación y separación para que el tratamiento posterior sea efectivo, no sólo tomando en cuenta aspectos de seguridad, sino también desde el punto de vista económico, tan importante para la Facultad.

En el Manual de Gestión de Desechos Químicos elaborado, se presentan detalladamente las diferentes técnicas que servirán para disminuir y manejar los desechos ácidos, básicos y metales pesados. Todo lo presentado en dicho manual fue evaluado y adecuado a las necesidades y capacidades de la Escuela, para lo cual se llevaron a cabo los ensayos descritos en las metodologías, dentro de los mismos laboratorios, con los equipos y reactivos de la propia Escuela; logrando así el objetivo de proponer técnicas viables para la realización de estas por los mismos estudiantes, docentes o investigadores.

Las muestras de los desechos químicos utilizados para probar cada metodología provienen de la mezcla de diferentes frascos de desechos pertenecientes a un mismo grupo, según la identificación presentada en ese momento: desechos ácidos, desechos básicos y metales pesados obtenidos de los 3 laboratorios de docencia de la Escuela de Química Farmacéutica. De esta forma se intentó asegurar la homogeneidad de las muestras utilizadas y así poder generalizar la metodología para los diferentes laboratorios ya que químicamente el comportamiento de estas familias de desechos será similar.

La selección de los agentes neutralizantes para tratar las distintas muestras de desechos químicos se realizó en base a costo y disponibilidad. Al analizar los resultados obtenidos, se puede observar que la metodología más viable para los laboratorios de docencia de la Escuela de Química Farmacéutica es la mezcla de los desechos ácidos con los básicos y su posterior neutralización; esto se debe a que al mezclar ambos desechos, la necesidad de usar agentes neutralizantes disminuye y por ende los costos también. Otro factor importante de esta metodología es que se podrán eliminar de una sola vez los desechos de dos grupos diferentes.

Cabe mencionar que dependiendo de la concentración del agente neutralizante a usar, sea para desechos ácidos o básicos, así será la cantidad a utilizar, a mayor concentración menor volumen y viceversa.

Los desechos orgánicos (Tabla No.4) requieren procedimientos que son peligrosos y costosos, características que los hacen imposibles de realizar dentro de las instalaciones de los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica. Estos desechos orgánicos podrían recibir otro tipo de tratamiento, pero hace falta una segregación correcta de los mismos (Clasificación de desechos – Manual de Gestión de Desechos Químicos, Anexo No. 13). De estos procedimientos, el más viable, debido a su menor riesgo ambiental y para las personas, es la incineración a altas temperaturas (anexo 9). Al no tener a la disposición un incinerador adecuado para dicho tratamiento, se propone la contratación del servicio de una empresa privada que se encargue de recoger los desechos previamente separados y etiquetados, para su posterior tratamiento. Dicha empresa asegura que la eliminación es la adecuada por medio de la documentación de todo el proceso que sufre el desecho, desde el retiro del lugar de producción hasta las emisiones finales posterior a su tratamiento (anexo No. 3).

Para los metales pesados se investigaron y experimentaron las metodologías observadas en la Tabla No. 5 que muestra como más viable el tratamiento con hipoclorito de sodio al 5% (cloro comercial); se llegó a esta conclusión después de analizar las muestras tratadas con los procedimientos mencionados mediante una cuantificación por fluorescencia de rayos X (Tabla No. 7). El cloro como agente precipitante se eligió debido al costo y accesibilidad ya que es un producto cuyo precio no es elevado y es fácil de manipular, su utilización dentro de los laboratorios de docencia de la Escuela de Química Farmacéutica no requiere de equipo especial de protección u otros. Los resultados obtenidos (tabla No. 7) muestran la efectividad de

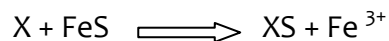
este agente frente a los demás reactivos utilizados, al evidenciar que la muestra tratada con cloro no contiene metales pesados.

Como se observa en la tabla No. 7 la muestra inicial (sin tratamiento), presenta cobalto, cinc y cromo; los tres fuera de los límites permitidos según el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos de Guatemala. (MARN, 2006). Este resultado era el esperado ya que fue tomada directamente de los frascos etiquetados como metales pesados. La cantidad obtenida de cobalto en el análisis no representa ningún riesgo para la salud, sin embargo está levemente por fuera de los límites. Con respecto al cinc, este presenta concentración muy por encima del valor aceptado. Esto puede ser a causa de que alguno de los frascos muestreados contuviera desechos de alguna práctica de laboratorio que incluyera óxido de cinc, otra de las causas puede ser un error al momento de realizar el análisis por Fluorescencia de Rayos X, o un error en el método seleccionado para la cuantificación de este elemento. El cromo también se encuentra fuera de los valores permitidos; principalmente el cromo hexavalente es el que puede representar riesgos a la salud, causando erupciones cutáneas, debilitamiento del sistema inmune, daño a hígado y riñones, entre otros, por lo que es importante regular la presencia de este metal.

La muestra No. 2 tratada con Cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) muestra valores altos de hierro, esto es lógico y esperado ya que el agente utilizado para precipitar los demás metales en forma de cloruros aporta el ion  $\text{Fe}^{3+}$ . Este método de tratamiento aunque es adecuado para la eliminación de metales pesados no es conveniente utilizarlo debido a que el residuo de hierro sobrepasa los límites permitidos (Anexo 2), por lo que no se recomienda.

La muestra No. 3 tratada con Sulfuro de Hierro ( $\text{FeS}$ ) presenta tanto cinc como hierro, ambos dentro de los límites permisibles, por lo que no representan riesgo o

contaminación. Este es un método viable y seguro para la eliminación de los desechos de metales pesados, precipitándolos como sulfuros. Posteriormente se procedió a decantar y filtrar el sobrenadante, el cual se trató como un ácido o base, la técnica adecuada para la eliminación de los sólidos es la encapsulación en cemento recubierto con barniz o pintura epóxica. La reacción química que respalda dicho procedimiento, muestra que el ion liberado es el hierro  $\text{Fe}^{3+}$ . El estado del sulfuro de hierro, dificultaría el tratamiento debido a que se presenta en forma de piedras. El tratamiento de desechos de metales pesados fue posible debido al pH de los mismos el cual en su totalidad fue un pH ácido ( $\pm 1$ ). El sulfuro de hierro es insoluble en agua pero muy soluble en ácido.



La muestra No. 4 tratada con Sulfato de hierro ( $\text{FeSO}_4$ ), mostró en la cuantificación una concentración alta de hierro, siendo esto lo esperado debido al agente precipitante utilizado, sin embargo se puede observar que los demás metales pesados analizados no presentan picos dentro de las gráficas. Se puede inferir que dicho procedimiento es adecuado para tratar este tipo de desechos, pero no es recomendable debido a los altos niveles de hierro los cuales rebasan los límites permitidos según el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos de Guatemala.

Con respecto a la muestra No. 5 tratada con sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) se puede observar que esta presenta hierro, cromo, níquel y cobre; todos a excepción del cromo dentro de los límites permitidos. La presencia de níquel y cobre puede ser a causa de contaminación de la muestra o al realizar el análisis, ya que ambos metales no fueron encontrados en la muestra No. 1. Este método es adecuado para la precipitación de la mayoría de los metales pesados y permite obtener rangos de concentración adecuado

para su posterior eliminación, sin que ello genere riesgos de contaminación ambiental o posteriores efectos en la salud.

La muestra No. 6 fue tratada con Hipoclorito de Sodio al 5 % (cloro comercial), luego de filtrar se determinó que el sobrenadante no presentaba concentración alguna de metales pesados, por lo que podemos afirmar que esta es la metodología con mejores resultados, además de ser económicamente viable. La técnica adecuada para la eliminación de los sólidos es la encapsulación en cemento recubierto con barniz o pintura epóxica.

La tabla No. 8 muestra la metodología propuesta para el tratamiento de compuestos con cianuro, este procedimiento no es posible de realizar en los laboratorios de la Escuela debido a la formación de ácido cianhídrico. Para tratar este tipo de desechos es necesario contar con una cámara de enfriamiento que mantenga una temperatura menor a 26°C (punto de fusión del ácido cianhídrico) y mantener el pH entre 9-10 ya que bajo estas condiciones, el cianuro se oxida a cianato, el cual es mucho menos tóxico. La protección mínima personal debe constar de overol, bata, botas, y mascarilla con cartuchos especiales para cianuro de hidrógeno. Debido al riesgo se recomienda la contratación de una empresa privada que se encargue del tratamiento y eliminación de este tipo de desechos.

Las bases nitrogenadas y el mercurio son compuestos que no se deben de tratar en los laboratorios de la Escuela debido a su alta peligrosidad (Tabla No. 9). Lo anterior causa que estos desechos permanezcan en los laboratorios por mucho tiempo, incluso pudiesen llegar a causar algún tipo de daño a la salud. Es de suma importancia que se trate en la manera de lo posible no generar este tipo de sustancias ya que no será posible tratarlas adecuadamente. Deberá buscarse el servicio de una empresa privada que recoja este tipo de desechos y los trate adecuadamente. El método más adecuado



es la incineración a altas temperaturas en un incinerador de doble cámara para las bases nitrogenadas. Para el mercurio una técnica prometedora es la fotocatalisis heterogénea con dióxido de titanio, el mercurio eliminado de la disolución queda depositado sobre la superficie del catalizador empleado, a partir del cual se puede recuperar fácilmente (Aguado, J. 2012). Debido a lo tóxico y lo complicado del tratamiento para estas sustancias, debe contarse con el servicio de una empresa privada encargada del tratamiento de desechos químicos.

Para los desechos inorgánicos no se pudo proponer una metodología viable ya que esta dependerá del desecho inorgánico a tratar y la forma en que se encontraron estos desechos fueron mezclas, hace falta una correcta segregación de desechos inorgánicos. Posterior a esta clasificación se podrá llevar a cabo las metodologías planteadas en la Tabla No. 10.

Es de suma importancia la aplicación de las diferentes técnicas de disminución de generación de desechos químicos, las cuales se detallan en los Resultados y en el Manual de Gestión de Desechos (anexo No. 13). Entre estas técnicas se propuso la reducción de cantidades de reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio; esta técnica reduce en partes iguales la cantidad de todos los reactivos. La integridad de la práctica se mantiene debido a que las proporciones de reactivos son las mismas. La restricción del uso de reactivos en cada práctica de laboratorio tiene como fin minimizar su desperdicio. Es de urgencia tomar esto en cuenta ya que el uso inadecuado de reactivos es una de las causas de acumulación de desechos.

Se proponen pláticas de sensibilización y concientización a los estudiantes sobre el uso de reactivos químicos y producción de desechos. Por ser laboratorios de docencia lo más conveniente para producir menor cantidad de estas sustancias es la reducción de las proporciones de reactivos en las prácticas y racionalizar su uso.

Como parte de este trabajo de Seminario se realizaron y entregaron mantas vinílicas que indican las precauciones y clasificación sobre los diferentes desechos químicos (anexo 6), las cuales se recomiendan mantener a la vista de todos en los laboratorios de docencia. También se hizo entrega de etiquetas para ser utilizadas en la identificación de los bidones o frascos adecuados para almacenar los desechos químicos que se encuentran en los distintos laboratorios, mientras se les realiza el tratamiento adecuado para su descarte. (Anexo 7 y 8).

## 9. CONCLUSIONES

- 9.1 Se realizó un Inventario que reúne la información de los desechos generados por los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, encontrándose mayor cantidad de solventes orgánicos, ácidos y bases inorgánicas y en menor cantidad metales pesados .
- 9.2 Se logró aplicar diferentes metodologías viables para el tratamiento de los desechos ácidos, básicos y de metales pesados, mientras que, debido a la alta toxicidad de los desechos orgánicos, bases nitrogenadas y cianuro, no se pudo aplicar las metodologías investigadas.
- 9.3 Se elaboró un Manual de Gestión de Desechos Químicos que es aplicable a los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, que tiene como objetivo principal la reducción de los desechos generados en cada uno de los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica, con el fin de evitar su posterior tratamiento o en el peor de los casos, su almacenamiento.
- 9.4 Los métodos de eliminación para desechos ácidos, básicos y de metales pesados propuestos para implementarse en los laboratorios de la Escuela Química Farmacéutica, se pueden hacer en un tiempo relativamente corto, a un costo moderado de reactivos y materiales y cumplen con el objetivo de convertir la mayor parte de estos residuos químicos en una sustancia que se pueda eliminar sin peligro alguno para la salud humana y el medio ambiente.

- 9.5 La propuesta de una política de gestión de desechos químicos para la Escuela de Química Farmacéutica busca contribuir grandemente a la mejora en el manejo de los desechos, proporcionando los lineamientos básicos para llevar a cabo dicho proceso.

## 10. RECOMENDACIONES

- 10.1 Implementar el sistema propuesto en el “Manual de Gestión para el Manejo, Tratamiento y Eliminación de Desechos Químicos”, como una herramienta básica para los laboratorios de análisis químico e investigación de la Escuela de Química Farmacéutica.
- 10.2 Realizar una revisión de las prácticas de laboratorio con el fin de sustituir reactivos altamente tóxicos y de difícil tratamiento por otros cuya toxicidad no sea tan severa y su tratamiento posterior pueda generar un producto de menor peligrosidad.
- 10.3 Implementar una práctica en cada uno de los laboratorios de los Departamentos de la Escuela de Química Farmacéutica dirigida a tratar los desechos cuyo procedimiento de inactivación sea seguro y viable.
- 10.4 Responsabilizar a los investigadores y tesisistas sobre la disposición final de los desechos generados por su actividad científica.
- 10.5 Solicitar la creación de un renglón presupuestario para el tratamiento de los desechos químicos generados en la Escuela que permita sufragar los gastos para su tratamiento y eliminación.
- 10.6 Se recomienda a las autoridades universitarias la compra de un incinerador que posea dos cámaras, la primera que alcance una temperatura de 900°C para convertir el material en cenizas y la segunda cámara una temperatura de 1200 a 1300°C para romper anillos de dioxinas y furanos. Este para el uso de las facultades, cuyas actividades educativas, generen desechos químicos para los

cuales el único tratamiento sea la incineración, tales como, desechos orgánicos, nitrogenados, entre otros.

- 10.7 Contar con el servicio de una empresa dedicada al tratamiento de desechos químicos como alternativa para reducir la cantidad de estas sustancias en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica, sobre todo para el caso de las sustancias que no pueden ser tratadas dentro de las instalaciones de la Facultad o que no se cuenta con el equipo para su tratamiento.
- 10.8 Que las autoridades de la Facultad presenten al Consejo Superior Universitario una propuesta para llevar al Congreso una iniciativa de ley con el fin de legislar la producción, tratamiento y eliminación de desechos químicos en el país.

## 11. REFERENCIAS

- Álvarez, A. e. (s.f.). “Manejo de Residuos Peligrosos/Biomédicos en los Laboratorios de Diagnóstico Universitario.” Recuperado el 26 de Enero de 2011 de <http://www.opas.org.br/gentequefazsaude/bvsde/bvsacd/cd49/maneresi.pdf>
- Ambiente, U. d. (1990). “Almacenamiento de Materiales Peligrosos. Guía Técnica para Depósitos de Materiales Peligrosos”. Paris, Francia: Programa Ambiental de las Naciones Unidas.
- American Chemical Society (1994). “Laboratory Waste Management: a guidebook.” Washington DC: American Chemical Society .
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. “Cobalto” Recuperado el 20 de Noviembre de 2011, de: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/toxfaq53.pdf>
- Asada, A. (2000). “Evaluación de los procesos de manejo y eliminación de los desechos químicos en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.” Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Burns, R. (2003). “Fundamentos de Química.” 4ª Edición, México: Pearson Educación. P:169.
- Carrillo, L. (Agosto de 2007). “Manejo y tratamiento de residuos químicos en el Laboratorio de Química General de la Universidad Simón Bolívar.” Recuperado el 26 de febrero de 2011, De: Universidad Simón Bolívar México: [http://www.usb.edu.mx/downloads/publicaciones/No4/ro4\\_arto7.pdf](http://www.usb.edu.mx/downloads/publicaciones/No4/ro4_arto7.pdf)
- Chang, R (1999). “Química.” 6ª Edición, México: McGraw Hill. P: 115.
- ChemicalCompatibility and Segregation Guides. (s.f.). Recuperado el 25 de Enero de 2011, de:[http://orf.od.nih.gov/Environmental+Protection/Waste+Disposal/chem\\_compat.htm](http://orf.od.nih.gov/Environmental+Protection/Waste+Disposal/chem_compat.htm)
- Chile, U. d. (s.f.). “Compendio para Manejo, Tratamiento y Monitoreo de Residuos Peligrosos en un Laboratorio Químico o Bioquímico Disponible.” Recuperado el 20 de Enero de 2011, de: <Http://Lauca.Usach.Cl/Ima/Buenambiente/Residuos.Ht>
- Col., H. y. (1994). “Desechos Peligrosos y Salud en América Latina/El Caribe” Washington D.C., Estados Unidos : OMS.

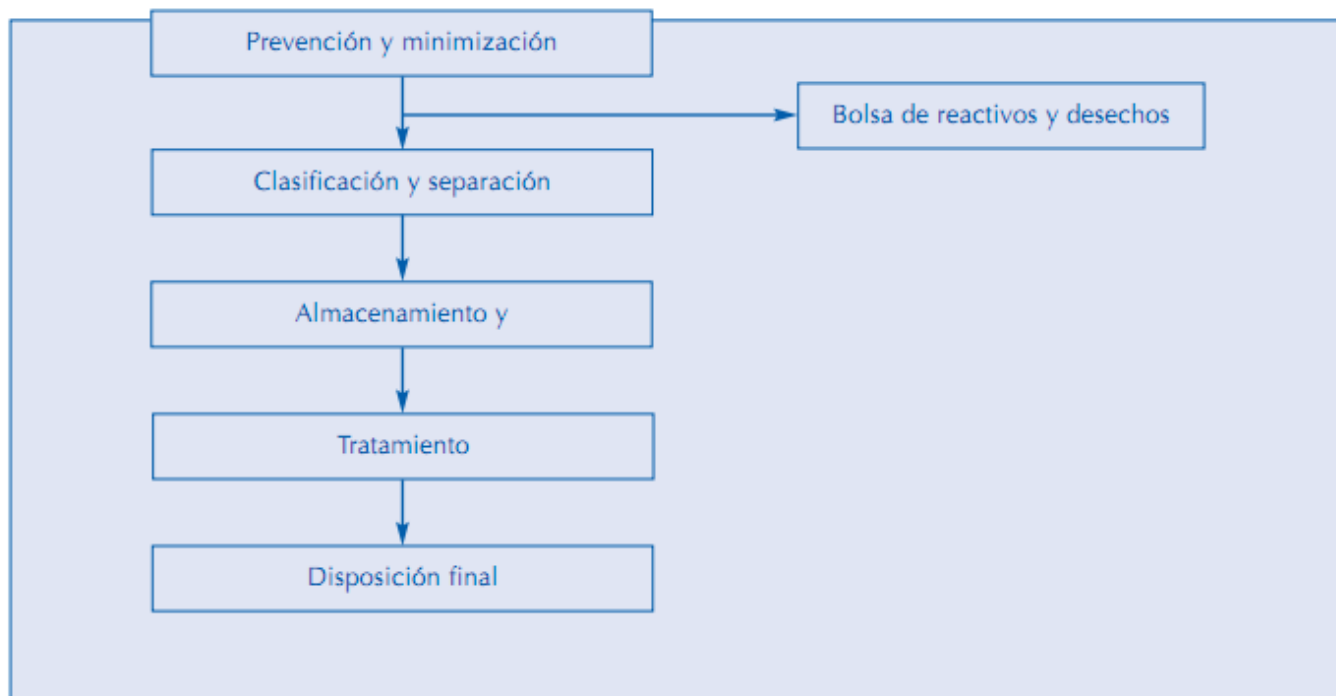
- Concepción, U. d. (s.f.). “Sistemas de Gestión para el Manejo de Sustancias Químicas y Residuos Tóxicos.” Recuperado el 18 de Diciembre de 2010, De: <[www.Udec.Cl/Sqrt/Cursos/Sustpel/Indicesuspel.Html](http://www.Udec.Cl/Sqrt/Cursos/Sustpel/Indicesuspel.Html)
- Díaz, N. (2000). “Manual de Gestión de los Residuos Especiales de la Universidad de Barcelona.” Barcelona, España: Publicaciones de la Universidad de Barcelona.
- Eliminación de Residuos en el Laboratorio: procedimientos generales. (s.f.). Recuperado el 29 de Diciembre de 2010, de: <http://www.uv.es/SSSQA/mediambiente/documents/ntp276.pdf>
- Filippi, C. (2011) “Evaluación del riesgo químico en los laboratorios de la escuela de Química Farmacéutica de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la USAC.” Guatemala
- FMC Foret. “Eliminación de Cianuros del agua con peróxido de hidrógeno.” Recuperado el 22 de febrero de 2012, de: <http://www.fmcforet.com/Portals/FMCForetTO/Content/Docs/Aguas/Cianuros/Oxidaci%C3%B3n%20de%20Cianuros%20BT.pdf>
- Lenntech, W. “Metales Pesados.” Recuperado el 20 de Noviembre de 2011, de: <http://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>
- Madrid, U de. (s.f). “Servicio de prevención de riesgos laborales, Gestión intracentro de residuos peligrosos.” Recuperado el 16 de marzo de 2012 de:[http://portal.uam.es/portal/page/portal/UAM\\_ORGANIZATIVO/OrganosGobierno/VicerrectoradoCampusC alidadAmbie/serviciodeprevencionderiesgoslaborales/Residuos/gestion%20residuos%20peligrosos.htm#Residuos químicos tóxicos y peligrosos: clasificación](http://portal.uam.es/portal/page/portal/UAM_ORGANIZATIVO/OrganosGobierno/VicerrectoradoCampusC alidadAmbie/serviciodeprevencionderiesgoslaborales/Residuos/gestion%20residuos%20peligrosos.htm#Residuos%20qu%C3%ADMICOS%20T%C3%B3XICOS%20Y%20PELIGROSOS)
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2006) Acuerdo Gubernativo Número 236-2006. “Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”. Guatemala.
- Orantes, G. (1995). “Tratamiento para desechos inorgánicos.” Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Osicka R., B. M. (2006). “Aprendiendo gestión de residuos químicos desde la práctica Universitaria” Recuperado el 18 de febrero de 2011, de: UNNE: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/08-Exactas/2006-E-046.pdf>



- Quesada H., S. J. (2002). “Propuesta de manejo de los desechos peligrosos en los laboratorios del TEC.” Recuperado el 18 de febrero de 2011, de: [http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial\\_tecnologica/Revista\\_Tecnologia\\_Marcha/pdf/tecnologia\\_marcha3/propuesta%20de%20manejo%20de%20los%20desechos%20peligrosos.pdf](http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha3/propuesta%20de%20manejo%20de%20los%20desechos%20peligrosos.pdf)
- Salamanca, U. d. (s.f.). “Manual de Gestión de Residuos Peligrosos, Universidad de Salamanca.” Recuperado el 29 de Diciembre de 2010, de [http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid\\_amb/manual.htm](http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid_amb/manual.htm)
- Sevilla, U. d. (s.f.). “Almacenamiento de Sustancias Peligrosas” Recuperado el 23 de Enero de 2011, De: <[Http:// www.Forpas.Us.Es/Uma/Rquimico.Html](http://www.Forpas.Us.Es/Uma/Rquimico.Html)
- Silvia, P. (1993). “Eliminación de desechos tóxicos en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.” Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- UCLM (2008) “Servicio de prevención UCLM, Gestión de Residuos Químicos.” Recuperado el 15 de marzo de 2012 de: <http://www.uclm.es/servicios/prevencion/residuos/documentacion/Manual/07.%20Residuos%20Quimicos.pdf>
- UNAM, Centro de Investigación en Energía. “Fluorescencia en Rayos X.” Recuperado el 18 de Noviembre de 2011, de: <http://xml.cie.unam.mx/xml/ms/fluorescencia.xml>
- Wergin, D. (2004). “Generator's Guide to azardous Material/Waste Management.” Colorado, Estados Unidos: University of Colorado at Boulder.

## 12. ANEXOS

### Anexo No.1: Interrelación entre los elementos del sistema de gestión de desechos



**Fuente:**

[http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial\\_tecnologica/Revista\\_Tecnologia\\_Marcha/pdf/tecnologia\\_marcha3/propuesta%20de%20manejo%20de%20los%20desechos%20peligrosos.pdf](http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha3/propuesta%20de%20manejo%20de%20los%20desechos%20peligrosos.pdf)

**Anexo 2:** Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores.

Parámetros	Dimensionales	Valores inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1,500.00	100.00	50.00	25.00	10.00
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3,500.00	600.00	400.00	150.00	100.00
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1,400.00	100.00	50.00	25.00	20.00
Fósforo total	Miligramos por litro	700.00	75.00	30.00	15.00	10.00
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	<math>1 \times 10^8</math>	<math>1 \times 10^6</math>	<math>1 \times 10^5</math>	<math>< 1 \times 10^4</math>	<math>< 1 \times 10^4</math>
Arsénico	Miligramos por litro	1.00	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1.00	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6.00	3.00	1.00	1.00	1.00
Cobre	Miligramos por litro	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00
Cobalto	Miligramos por litro	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1.00	0.5	0.1	0.1	0.1
Hierro	Miligramos por litro	6.00	4.00	3.00	3.00	3.00
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6.00	4.00	2.00	2.00	2.00
Plata	Miligramos por litro	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Plomo	Miligramos por litro	4.00	1.00	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Color	Unidades platino cobalto	1,500.00	1,300.00	1,000.00	750.00	500.00

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

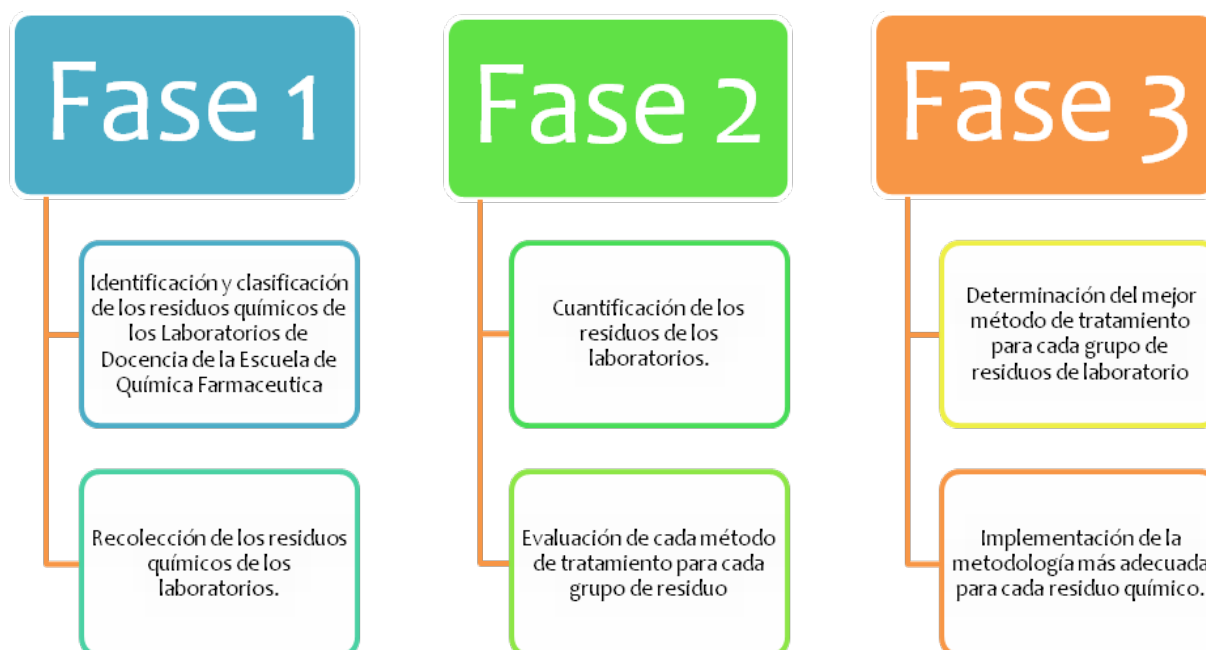
**Fuente:** Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos de Guatemala

**Anexo 3:** Precios de servicios de empresa privada para el tratamiento de los desechos

Costo Mensual	Kilos	Kilo Extra	Frecuencia de Recolección
Q. 210.00	20	Q. 7.50	1 vez por semana
Q. 290.00	30	Q. 7.50	2 veces por semana
Q. 375.00	40	Q. 7.50	3 veces por semana

*Fuente:* cotización a empresa privada encargada del tratamiento de desechos (julio 2011)

**Anexo No. 4:** Fases del proceso de gestión y eliminación de residuos químicos.



**Anexo No. 5:** Condiciones de los desechos en los Laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.












Departamento	Identificación Clara y Legible	Clasificación por naturaleza de desecho	Condiciones adecuadas de Almacenamiento	Envase adecuado para disposición de desechos
Química Medicinal	XXX	XX	XX	XXX
Análisis Aplicado	XXX	XX	XXX	XXX
Farmacognosia y Fitoquímica	XX	X	X	XX

Fuente: Datos Observacionales

Clave:

X	: Bueno
XX	: Regular
XXX	: Malo
✓	: Cumple

## Anexo No. 6: Manta vinílica para los laboratorios de: Análisis Aplicado, Farmacognosia y Fitoquímica y Química Medicinal

Desech Q <sub>u</sub> ímicos	
Desecho	Precauciones
<b>Disolventes Halogenados</b>	Iritación de piel y mucosas; dolores de cabeza, mareos y resaca en la piel. Vapores altamente tóxicos. 
<b>Disolventes No Halogenados</b>	Iritación de piel y mucosas; dolores de cabeza, mareos y resaca en la piel. Vapores altamente tóxicos. 
<b>Metales Pesados</b>	Los compuestos de cadmio, cobalto, cromo, manganeso, plomo y níquel son cancerígenos, algunos son teratogénicos. Todos en general causan serio daño ambiental. 
<b>Diluciones AcuosaS SOLUCIONES INORGANICAS</b>	Iritación de piel y mucosas, corrosivos y altamente tóxicos. Precaución con la formación de vapores tóxicos. 
<b>Diluciones AcuosaS MEZCLAS AGUA/DISOLVENTE</b>	Iritación de piel y mucosas; dolores de cabeza, mareos y resaca en la piel. Vapores altamente tóxicos. 
<b>Acidos</b>	Sustancias corrosivas e irritantes, evitar contacto con piel y ojos, evitar inhalar los vapores de estas sustancias. 
<b>Sólidos</b>	Inflamables de tacto jabonoso siendo irritantes a la piel. Corrosivos. 
<b>Sólidos ORGÁNICOS</b>	Vapores tóxicos. 
<b>Sólidos INORGÁNICOS</b>	Los sales de metales pesados son altamente tóxicas con riesgo carcinogénico y otras alteraciones a la salud. 
<b>Residuos de reactivos y soluciones de laboratorio</b>	Disponer en basurero identificado destinado para material contaminado. 
<b>Especiales</b>	Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos para evitar reacciones desfavorables, altamente tóxicos. 

Precauciones Generales:  
Evitar el contacto con la piel, ojos y mucosas. Evitar la inhalación de vapores. Evitar el contacto con la ropa. Evitar el contacto con los alimentos.  
Evitar el contacto con los niños y mascotas.  
Evitar el contacto con el agua.  
Evitar el contacto con el medio ambiente.  
Evitar el contacto con el fuego.  
Evitar el contacto con los oxidantes.  
Evitar el contacto con los ácidos.  
Evitar el contacto con los bases.  
Evitar el contacto con los reactivos oxidantes.  
Evitar el contacto con los reactivos reductores.  
Evitar el contacto con los reactivos corrosivos.  
Evitar el contacto con los reactivos inflamables.  
Evitar el contacto con los reactivos tóxicos.  
Evitar el contacto con los reactivos carcinogénicos.  
Evitar el contacto con los reactivos mutágenos.  
Evitar el contacto con los reactivos reproductores.  
Evitar el contacto con los reactivos sensibilizantes.  
Evitar el contacto con los reactivos irritantes.  
Evitar el contacto con los reactivos corrosivos.  
Evitar el contacto con los reactivos altamente tóxicos.  
Evitar el contacto con los reactivos muy tóxicos.  
Evitar el contacto con los reactivos tóxicos.  
Evitar el contacto con los reactivos nocivos.  
Evitar el contacto con los reactivos peligrosos.  
Evitar el contacto con los reactivos dañinos.  
Evitar el contacto con los reactivos perjudiciales.  
Evitar el contacto con los reactivos nocivos.  
Evitar el contacto con los reactivos peligrosos.  
Evitar el contacto con los reactivos dañinos.  
Evitar el contacto con los reactivos perjudiciales.

# Desech<sup>Q</sup>uimicos

## Desecho

## Precauciones

Disolventes  
Halogenados

Irritación de piel y mucosas; dolores de cabeza, mareos y resecamiento de la piel. Vapores altamente tóxicos.



Disolventes No  
Halogenados

Irritación de piel y mucosas; dolores de cabeza, mareos y resecamiento de la piel. Vapores altamente tóxicos.



Metales  
Pesados

Los compuestos de cadmio, cobalto, cromo, manganeso, plomo y níquel son cancerígenos, algunos son teratogénicos. Todos en general causan serio daño ambiental.



Diluciones  
Acuosas  
SOLUCIONES  
INORGANICAS

Irritación de piel y mucosas, corrosivos y altamente tóxicos. Precaución con la formación de vapores tóxicos



Diluciones Acuosas  
MEZCLAS  
AGUA/DISOLVENTE

Irritación de piel y mucosas; dolores de cabeza, mareos y resecamiento de la piel. Vapores altamente tóxicos.



Ácidos	Sustancias corrosivas e irritantes, evitar contacto con piel y ropa, evitar inhalar los vapores de estas sustancias.	
Bases	Inflamables de tacto jabonoso siendo irritantes a la piel. Corrosivos.	
Sólidos ORGÁNICOS	Vapores tóxicos.	
Sólidos INORGÁNICOS	Las sales de metales pesados son altamente tóxicas con riesgo cancerígeno u otras afecciones a la salud.	
Sólidos MATERIAL DESECHABLE CONTAMINADO	Descartar en basurero identificado destinado para material contaminado.	
Especiales	Estos productos no deben mezclarse entre si ni con residuos de los otros grupos para evitar reacciones desfavorables, altamente tóxicos.	

## Observaciones Generales:

Utilizar en todo momento bata blanca, protección ocular (lentes), mascarilla y guantes, para evitar el contacto directo con los desechos  
 Utilizar campana de extracción en los desechos que sean altamente irritantes y tóxicos.  
 Leer detenidamente la etiqueta antes de descartar un desecho.  
 Nunca verter desechos en el desagüe  
 Evitar descartar desechos en frascos no identificados.  
 Evitar mezclar desechos.  
 Es responsabilidad del productor del desecho su correcto descarte.  
 Llenar adecuadamente y con letra legible las etiquetas de los envases.

Fuente: 1. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 1992  
 2. [http://www.merck-chemicals.com/fichas-de-seguridad-laboral/spanish/c\\_K6ib.s10g9gAAAEYSBMK0EA4](http://www.merck-chemicals.com/fichas-de-seguridad-laboral/spanish/c_K6ib.s10g9gAAAEYSBMK0EA4).





**Anexo No. 7:** Bidones entregados a los laboratorios de: Análisis Aplicado, Farmacognosia y Fitoquímica y Química Medicinal




**Nota:** La información de la etiqueta es la misma que incluye la etiqueta del Anexo No. 8


**Anexo No. 8** Etiquetas para los laboratorios de: Análisis Aplicado, Farmacognosia y Fitoquímica y Química Medicinal





Número y nombre de grupo del residuo	
<b>Grupo II</b>	<b>DISOLVENTES HALOGENADOS</b>
<b>Departamento productor: Farmacognosia y Fitoquímica</b>	
<b>Fecha de inicio : 15.02.2012</b>	Fecha inicio de recolección
<b>Fecha de finalización: 25.04.2012</b>	Fecha de finalización de recolección
<b>Observaciones: CLOROFORMO</b>	Componente principal del envase
 	


<b>Grupo II</b>	<b>DISOLVENTES <u>NO</u> HALOGENADOS</b>
Departamento productor: Fecha de inicio : Fecha de finalización: Observaciones:	
	


<b>Grupo III</b>	<b>Diluciones acuosas METALES PESADOS</b>
Departamento productor: Fecha de inicio : Fecha de finalización: Observaciones:	
	


<b>Grupo III</b>	<b>Diluciones acuosas SOLUCIONES INORGÁNICAS</b>
Departamento productor: Fecha de inicio : Fecha de finalización: Observaciones:	
	


Grupo III	Diluciones acuosas MEZCLAS AGUA/DISOLVENTE
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> <div data-bbox="1068 554 1386 659"></div>	


Grupo IV	ÁCIDOS
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio</p> <p>Fecha de finalización</p> <p>Observaciones:</p> <div data-bbox="1068 1058 1386 1163"></div>	

Grupo V	BASES
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> <div data-bbox="1068 1556 1386 1661"></div>	

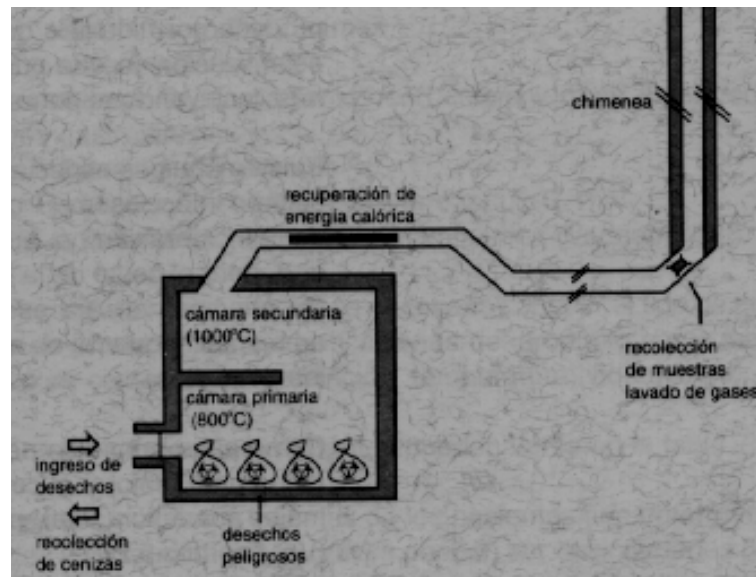
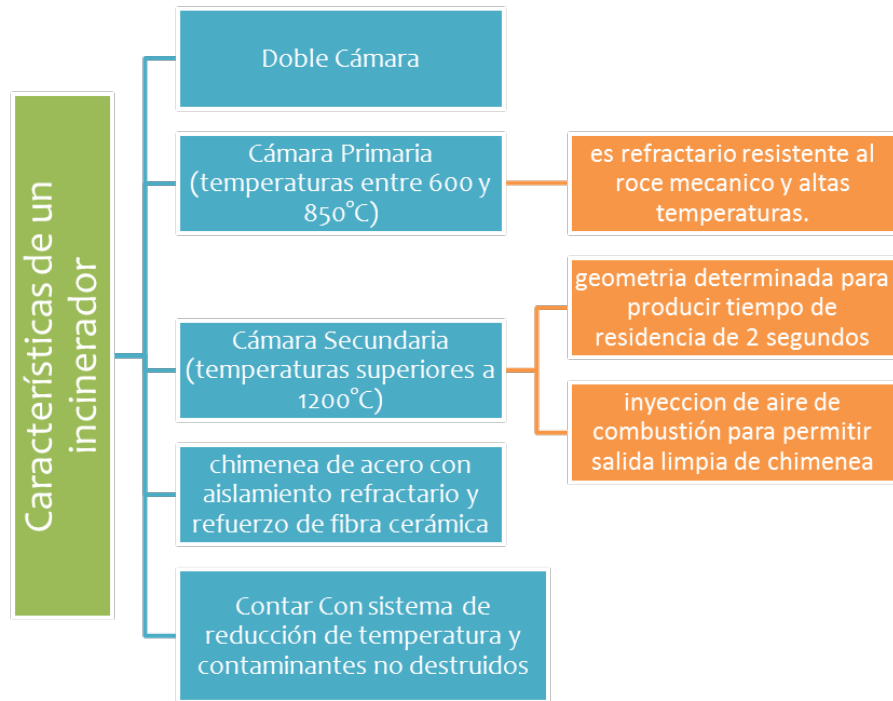
Grupo VI	Sólidos <u>ORGÁNICOS</u>
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> 	

Grupo VI	Sólidos <u>INORGÁNICOS</u>
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> 	

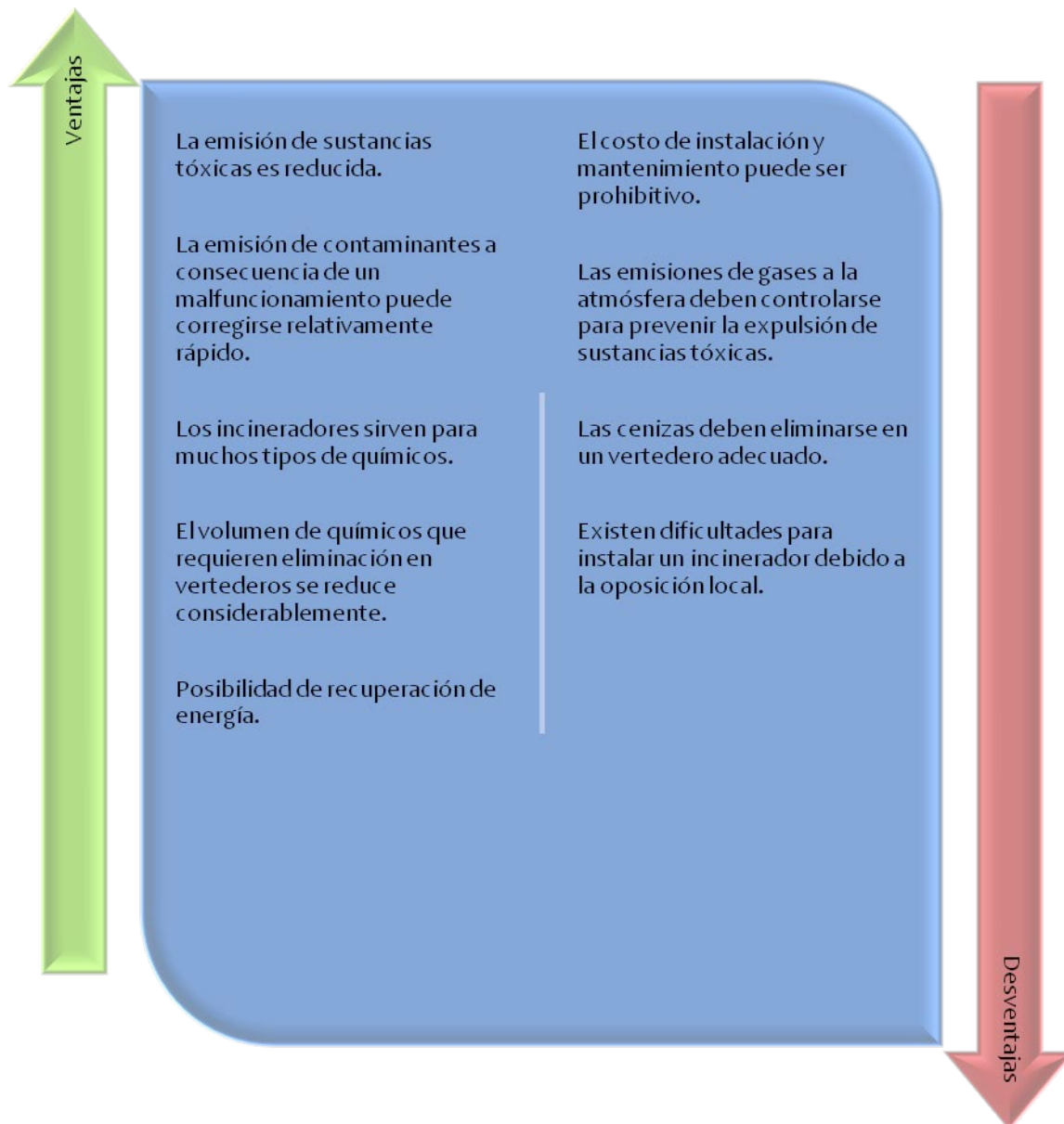
Grupo VI	Sólidos <u>MATERIAL DESECHABLE CONTAMINADO</u>
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> 	

Grupo VII	<u>ESPECIALES</u>
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> <div data-bbox="1062 554 1382 659"></div>	

**Anexo 9:** Especificaciones, ventajas y desventajas de un incinerador para el tratamiento de desechos químicos.

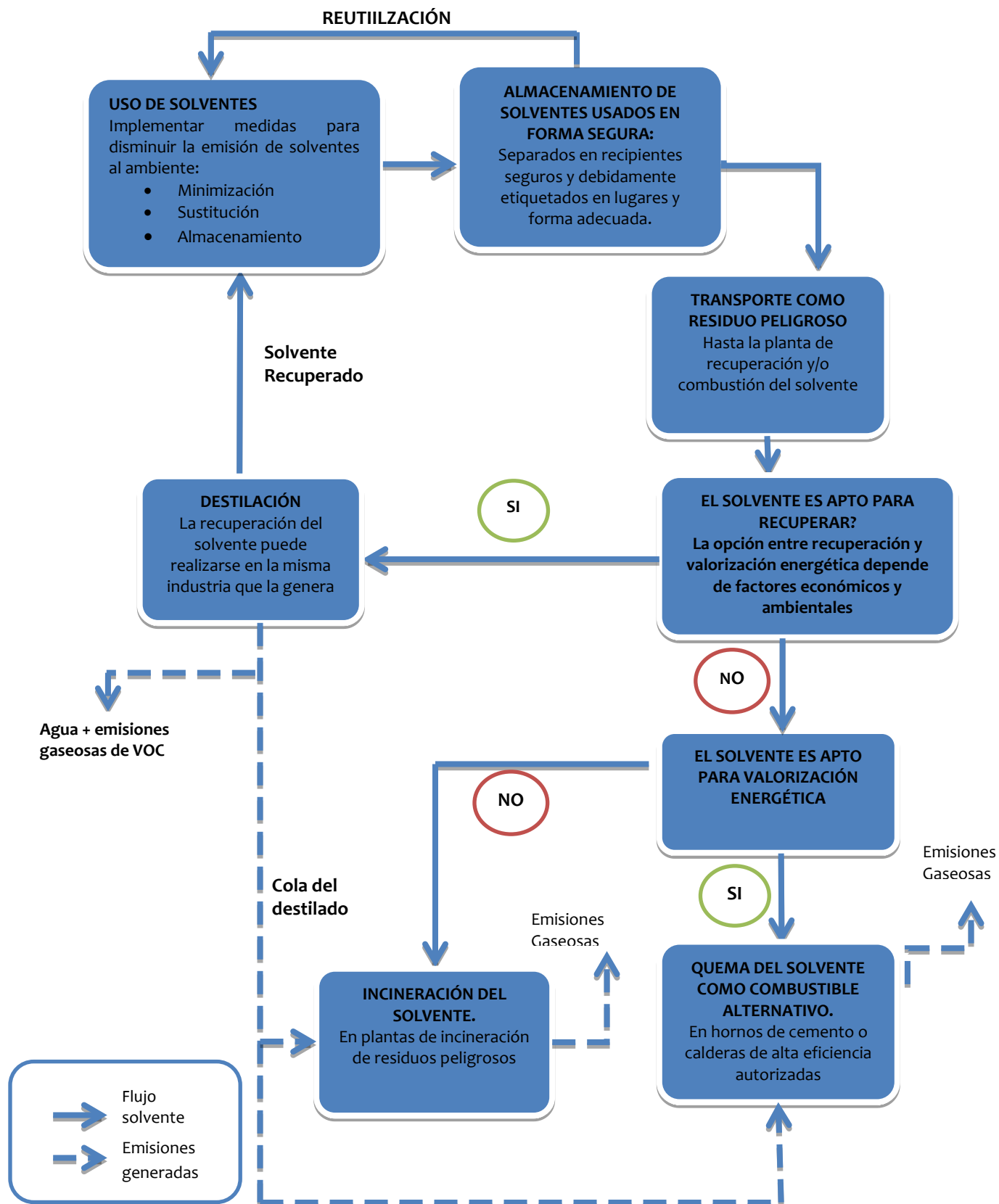


Fuente: [www.hornosindustriales.com](http://www.hornosindustriales.com)





Anexo 10: Diagrama para la Reutilización de desechos orgánicos.



## Anexo 11: Noticia sobre incendio en laboratorios de Universidad de Honduras.

www.universidades.com/noticias/incendio-destruye-laboratorios-la-principal-universidad-honduras.asp

Universidades

- ▶ Universidades de México
- ▶ Universidades de Guatemala
- ▶ Universidades de El Salvador
- ▶ Universidades de Argentina
- ▶ Universidades de Colombia
- ▶ Universidades de USA
- ▶ Universidades de Chile
- ▶ Universidades de España
- ▶ Universidades de Ecuador
- ▶ Universidades de Bolivia
- ▶ Universidades de Perú
- ▶ Universidades de República Dominicana
- ▶ Universidades de Venezuela
- ▶ Universidades de Costa Rica

Carreras universitarias

Noticias

### Incendio destruye laboratorios de la principal Universidad de Honduras

Tweet +1 < 0
Me gusta

**Licenciatura en Nutrición**  
 Universidad a Distancia, Estudia Nutrición en línea  
[www.aiu.edu/Universidad](http://www.aiu.edu/Universidad)

**"Master Recursos Humanos"**  
 "Doble Titulación Europea" Becas Ahora. On line o Presencial  
[www.eude.es](http://www.eude.es)

**Tu propio comercial**  
 Luce axilas más lindas y suaves Y protagoniza tu propio comercial  
[www.muieresdove.com](http://www.muieresdove.com)

**Tu propio comercial**  
 Luce axilas más lindas y suaves Y protagoniza tu propio comercial  
[www.Facebook.com/Dove](http://www.Facebook.com/Dove)

Anuncios

sólo trabajaba personal administrativo.

Al confirmar que no hubo víctimas, aunque algunos bomberos sufrieron problemas respiratorios, Cordero subrayó que "los daños materiales son grandes" pues el fuego se extendió a otras dependencias de la Facultad.

El jefe de bomberos comentó que los vientos, que hoy han sido fuertes en Tegucigalpa, han ayudado a disipar la nube tóxica.

El rector de la UNAH, Jorge Arita, indicó que el personal fue evacuado y que, al menos por hoy, se declaró estado de emergencia en la Ciudad Universitaria.

Las autoridades de la UNAH esperarán el informe oficial de los bomberos para decidir si el edificio afectado requerirá ser reconstruido parcial o totalmente, según el rector.

Un incendio destruyó hoy los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la principal Universidad estatal de Honduras y desató una nube tóxica sin causar víctimas, informaron el Cuerpo de Bomberos y autoridades del centro.

El incendio fue controlado por los bomberos, pero las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) fueron evacuadas, como medida preventiva ante el peligro de los gases, al igual que varias escuelas públicas y privadas aledañas,

El jefe del Cuerpo de Bomberos, Carlos Cordero, dijo a la prensa que "el fuego dio inicio por un accidente en una válvula de gas en uno de los laboratorios", y luego se produjeron varias explosiones por las sustancias químicas que había en el lugar.

La Ciudad Universitaria, en el sector noreste de Tegucigalpa, se encontraba sin estudiantes al momento del incendio porque es período de vacaciones y

**Anexo 12:** Modelo de entrevista realizada a docentes de los Departamentos de Química Medicinal, Análisis Aplicada y Farmacognosia y Fitoquímica



Entrevista



**Seminario Tratamiento de Desechos Químicos que se Producen en la Escuela de Química Farmacéutica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.**

*La siguiente entrevista pretende conocer los antecedentes y situación actual sobre el tratamiento de desechos químicos en los laboratorios de Análisis Aplicado, Química Medicinal y Farmacognosia y Fitoquímica.*

¿Qué opinión merece la situación actual de los desechos químicos generados en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica de la Universidad de San Carlos de Guatemala?

¿Qué antecedentes conoce acerca del destino y/o tratamiento de los desechos generados en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica de la Universidad de San Carlos de Guatemala? Años y metodologías empleadas

¿Qué se hace actualmente con los desechos generados en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica de la Universidad de San Carlos de Guatemala?

¿Qué recomendaciones haría para mejorar la situación actual con lo referente al tratamiento de los desechos generados en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica de la Universidad de San Carlos de Guatemala?

Anexo No. 13

**MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUIMICOS**

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Escuela de Química Farmacéutica

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS



2012

Autores:

Brenda Estefanía Miranda Morales

David Alejandro Martínez Morales

Hugo René Cardona Sandoval

María Alejandra Ordoñez Mazariegos

# INDICE

	<b>Página</b>
<b>Introducción</b>	1
<b>Objetivos</b>	3
<b>Alcance</b>	3
<b>1. Definiciones</b>	4
1.1. Eliminación	4
1.2. Gestión	4
1.3. Minimización/reducción	4
1.4. Residuo	4
1.5. Residuo carcinógeno	4
1.6. Residuo comburente	4
1.7. Residuo corrosivo	5
1.8. Residuo explosivo	5
1.9. Residuo fácilmente inflamable	5
1.10. Residuo inflamable	5
1.11. Residuo irritante	5
1.12. Residuo mutagénico	5
1.13. Residuo nocivo	5
1.14. Residuo peligroso para el medio ambiente	6
1.15. Residuo tóxico	6
1.16. Residuo tóxico para la reproducción	6
<b>2. Atribuciones</b>	7
2.1. Decano y junta directiva	7
2.2. Director de escuela	7
2.3. Jefes de departamento	7
2.4. Auxiliares de cátedra	7
2.5. Estudiantes	8
<b>3. Programa de gestión de residuos generados en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica</b>	9
<b>4. Normas de seguridad e higiene</b>	11
<b>5. Clasificación de los desechos</b>	13
5.1. Grupo I: disolventes halogenados	13
5.2. Grupo II: disolventes no halogenados	14
5.3. Grupo III: disoluciones acuosas	14
5.4. Grupo IV: ácidos inorgánicos	15
5.5. Grupo V: bases inorgánicas	15
5.6. Grupo VI: sólidos	16
5.7. Grupo VII: especiales	16
<b>6. Tipos de envases</b>	18
<b>7. Etiquetado e identificación de los envases</b>	19
<b>8. Almacenamiento de residuos químicos peligrosos</b>	23

<b>9. Técnicas de reducción de desechos químicos</b>	25
9.1. Reutilización	25
9.2. Reciclado	25
9.3. Valorización	25
9.4. Eliminación	25
9.5. Recopilación selectiva	25
<b>10. Protocolos de tratamiento previo a la eliminación</b>	26
10.1. Metodología para tratamiento de desechos ácidos y básicos inorgánicos	26
10.2. Metodología para tratamiento de desechos que contienen metales pesados	29
10.3. Metodología para tratamiento de desechos que contienen cianuro	31
10.4. Metodología para el manejo y disposición de los desechos orgánicos	34
10.5. Metodología para el tratamiento de desechos inorgánicos oxidantes	36
10.6. Metodología para el tratamiento de desechos inorgánicos reductores	39
10.7. Metodología para el tratamiento de desechos de sulfuros inorgánicos	41
10.8. Metodología para el tratamiento de los desechos de cromo VI	43
<b>11. Propuesta de protocolo de funcionamiento para la gestión interna de residuos peligrosos en la Escuela de Química Farmacéutica</b>	45
11.1. Responsables	45
11.2. Actividades	45
11.3. Ficha de control de gestión interna de residuos peligrosos	48
<b>12. Referencias Bibliográficas</b>	49
<b>13. Anexos</b>	50
13.1. Clasificación de desechos químicos	50
13.2. Modelos de etiquetas	51
13.3. Desechos viables de tratar en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica	55
13.4. Clasificación de solventes orgánicos	55
13.5. Diagrama para la reutilización de desechos orgánicos	56
13.6. Equipo de seguridad de laboratorio	57
13.7. Procedimiento de limpieza en caso de derramamiento de sustancias químicas	59
13.8. Modelo de filtro para filtrar sobrenadante obtenido en metodologías de tratamiento de desechos	60

## INDICE DE TABLAS

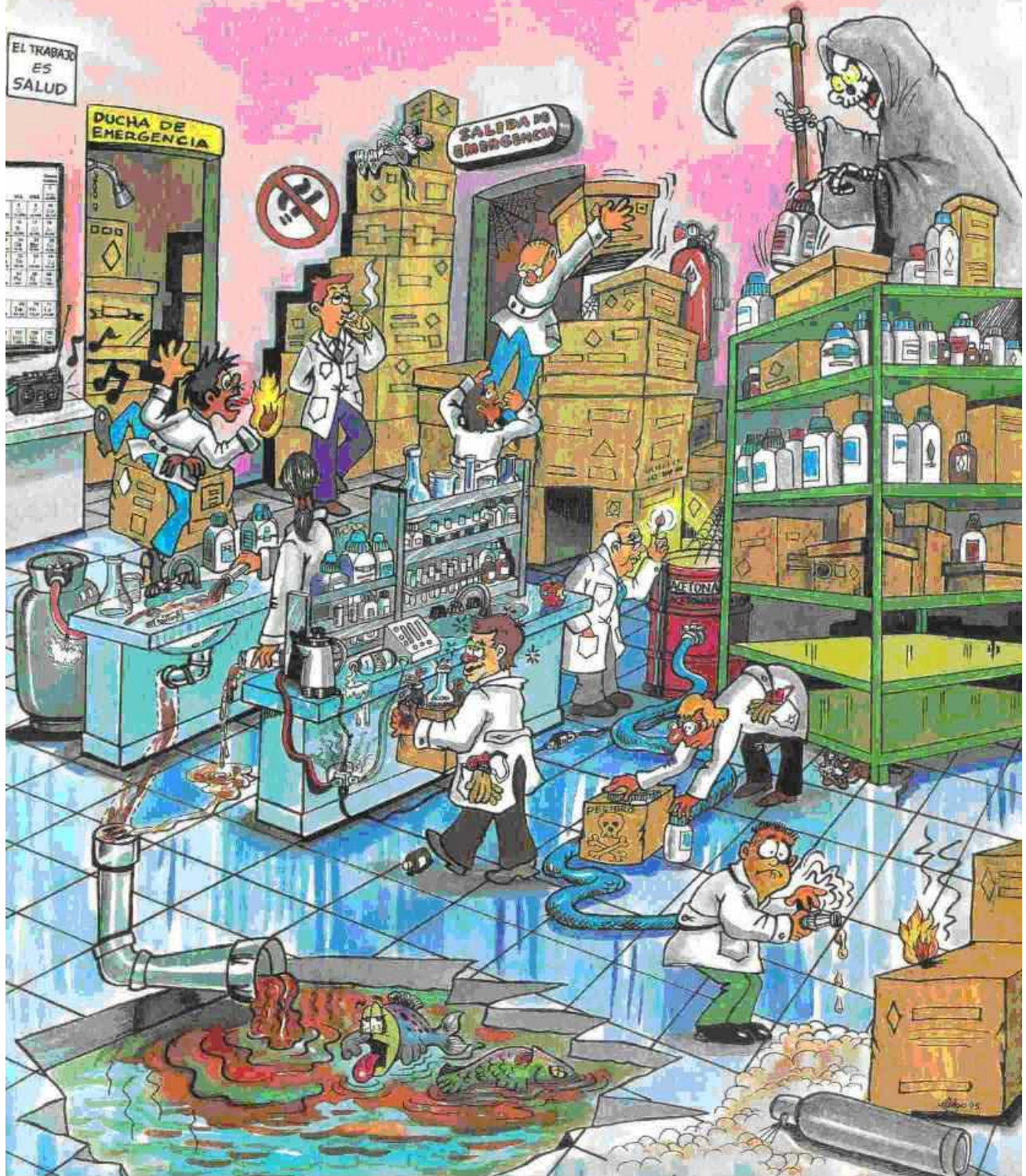
No. De Tabla		Página
1	Clasificación de disolventes halogenados	13
2	Clasificación de disolventes no halogenados	14
3	Tipos de envases según grupo de residuo químico	18
4	Incompatibilidades con envases de polietileno	18
5	Pictogramas y símbolos de peligrosidad por sus propiedades fisicoquímicas	20
6	Pictogramas y símbolos de peligrosidad por sus propiedades toxicológicas	21
7	Pictogramas y símbolos de peligrosidad por sus efectos sobre la salud	22
8	Pictogramas y símbolos de peligrosidad por sus efectos sobre el medio ambiente	22
9	Incompatibilidades de almacenamiento	24

## INDICE DE FIGURAS

No. De Figura		Página
1	Modelo de etiqueta	19



# SEGURIDAD: UN SINONIMO DE CALIDAD



# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



## INTRODUCCION

En los últimos años ha ido aumentando la preocupación en cuanto al riesgo que los desechos químicos puedan representar hacia la salud de las personas y el medio ambiente. Todos los laboratorios que trabajan con químicos contribuyen a la producción de estos agentes.

La Escuela de Química Farmacéutica de la Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con laboratorios dedicados a actividades docentes en donde se generan desechos químicos. Es por esto que se ve la necesidad de adoptar medidas para la disminución de los mismos.

Como consecuencia de la necesidad señalada, se elaboró el “Manual de Gestión de Desechos Químicos”, el cual contempla la gestión de estos desechos, para que estudiantes, docentes e investigadores de la Escuela de Química Farmacéutica tomen las medidas y acciones necesarias para la eliminación de estas sustancias que ponen en riesgo la salud y el medio ambiente como se ha mencionado.

El manual contiene técnicas de disminución de desechos químicos, metodologías viables para el tratamiento de desechos ácidos, básicos, metales pesados, asimismo propuestas para el etiquetado de estas sustancias, entre otros. Todo esto adaptado a las condiciones actuales de la Escuela.

Para que el manejo de residuos químicos sea efectivo es necesaria la participación y colaboración tanto de empleados, estudiantes, docentes, investigadores o cualquier

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



otro usuario de los laboratorios que estén implicados en la generación de desechos químicos.

Es de vital importancia que el lector conozca los procesos relacionados a la gestión de los desechos químicos (etiquetado, almacenaje, manipulación y clasificación) con el propósito de minimizar cualquier riesgo relacionado a estos agentes contaminantes.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



## OBJETIVOS

- Promover el correcto manejo, tratamiento y eliminación de los desechos químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.
- Ser una guía que proporcione los lineamientos básicos a seguir con respecto al manejo integral de los residuos químicos peligrosos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.
- Proporcionar a la comunidad universitaria que desarrolla sus actividades en la Escuela de Química Farmacéutica una referencia a cual avocarse para temas relacionados con la Gestión de desechos químicos.
- Promover una cultura más ecológica y menos dañina para el medio ambiente por medio del manejo integral de los residuos químicos generados en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química Farmacéutica.

## ALCANCE

- Abarcará a todos los laboratorios donde se imparte docencia de la Escuela de Química Farmacéutica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



## 1. DEFINICIONES (Salamanca, U de, s.f)

- 1.1. **Eliminación:** Todo procedimiento dirigido al vertido o la destrucción, total o parcial, del residuo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.
- 1.2. **Gestión:** Se refiere a la clasificación, identificación, almacenamiento, transporte, y la eliminación de los residuos, incluida la supervisión de estas actividades, así como la supervisión de los lugares de depósito o vertido después de su inactivación.
- 1.3. **Minimización/ Reducción:** Conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o a conseguir su reducción.
- 1.4. **Residuo:** Se considera residuo todo aquel material sólido, pastoso o líquido que se genera como una consecuencia no deseada de la actividad humana. En sentido general, un producto se convierte en residuo en el momento en que su productor o poseedor lo destina al abandono.
- 1.5. **Residuo Carcinógeno:** sustancia o preparado que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puede producir cáncer o aumentar su frecuencia.
- 1.6. **Residuo Comburente:** sustancia o preparado que presenta reacciones altamente exotérmicas al entrar en contacto con otras sustancias, especialmente con sustancias inflamables.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- 1.7. Residuo Corrosivo:** sustancia o preparados que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.
- 1.8. Residuo Explosivo:** sustancia o preparado que pueden explotar bajo el efecto de la llama o que es más sensible a los choques o las fricciones.
- 1.9. Residuo Fácilmente inflamable:** Sustancia o preparado que puede inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúe ardiendo o consumiéndose después del alejamiento de la fuente de ignición.
- 1.10. Residuo Inflamable:** sustancia o preparado líquido que tenga un punto de inflamación comprendido entre 21 °C y 55 °C.
- 1.11. Residuo Irritante:** sustancia o preparado no corrosivo que puede causar reacción inflamatoria por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas.
- 1.12. Residuo Mutagénico:** sustancia o preparado que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puede producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.
- 1.13. Residuo Nocivo:** sustancia o preparado que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puede entrañar riesgos de gravedad limitada para la salud.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- 1.14. Residuo Peligroso para el medio ambiente:** sustancia o preparado que presente o puede presentar riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente.
- 1.15. Residuo Tóxico:** sustancia o preparado (incluidos los muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puede entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.
- 1.16. Residuo Tóxico para la reproducción:** sustancias o preparado que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puede producir malformaciones congénitas no hereditarias o aumentar su frecuencia.



## 2. ATRIBUCIONES

### 2.1. Decano y Junta Directiva

- 2.1.1. Coordinar la gestión de residuos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias y sus distintas Escuelas.
- 2.1.2. Apoyar al Director de Escuela en la implementación del manual de gestión de desechos químicos.

### 2.2. Director de Escuela

- 2.2.1. Coordinar la correcta implementación de la gestión de residuos en los departamentos de la Escuela de Química Farmacéutica.
- 2.2.2. Velar por el cumplimiento del Manual de Gestión de Desechos Químicos.

### 2.3. Jefes de Departamento

- 2.3.1. Coordinar la correcta implementación de la gestión de residuos en los laboratorios.
- 2.3.2. Organizar el reciclado de envases en el laboratorio.
- 2.3.3. Difundir el Manual de Gestión de Desechos a los auxiliares de cátedra responsables de las prácticas de laboratorio.

### 2.4. Auxiliares de cátedra

- 2.4.1. Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes del Manual de Gestión de Desechos Químicos para asegurar su correcta aplicación.
- 2.4.2. Mantener actualizado el inventario de desechos.



# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- 2.4.3. Verificar que todos los envases posean la etiqueta correcta, almacenar los envases en lugares específicos debidamente identificados y delimitados.

## 2.5. Estudiantes

- 2.5.1. Deben ser capacitados al inicio de todos los cursos que incluyan prácticas de Laboratorio, por medio de la lectura del Manual de gestión de Desechos Químicos, principalmente sobre la clasificación de desechos.
- 2.5.2. Familiarizarse con el sistema de etiquetado de los envases para evitar confusiones al momento del descarte durante las prácticas de laboratorio.



### 3. PROGRAMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE QUÍMICA FARMACEUTICA

Debido a la diversidad y cantidad de desechos que se generan en los laboratorios es necesaria la creación de un programa de gestión de residuos ya que es una herramienta útil para lograr un manejo eficaz de los mismos. Este programa de gestión debe ser aplicado a los laboratorios que imparten docencia y generan desechos químicos de la Escuela de Química Farmacéutica (Departamento de Química Medicinal, Departamento de Análisis Aplicado, Departamento de Farmacognosia y Fitoquímica) y debe incluir:

- **Responsable de cada laboratorio.** Asignar a una persona encargada de supervisar y comprobar la correcta aplicación y ejecución del programa.
- **Inventario.** Semestralmente debe hacerse una lista contabilizando los residuos generados y así mantenerla actualizada. Dicha lista debe indicar tipo de desecho y cantidad.
- **Clasificación.** Todos los desechos deben incluirse en alguno de los grupos de clasificación existentes (sección 5) para que su posterior tratamiento sea seguro y eficaz.
- **Identificación.** Todos los desechos deben estar adecuadamente identificados según sistema propuesto (anexo 2).
- **Descarte.** Los residuos generados deben ser adecuada y oportunamente descartados en los recipientes adecuados tomando en cuenta la naturaleza de los mismos (bidones de polietileno de alta densidad).

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- **Almacén.** Ordenar los desechos según su clasificación química evitando mezclar grupos incompatibles en un área específica para eso. Es imprescindible separar los desechos de acuerdo a la clasificación propuesta en la sección 5 en un sector específico del laboratorio e identificarlo adecuadamente.
- **Reducción.** Concientizar al estudiante sobre la uso racional de reactivos, así también adecuar las prácticas de laboratorio para utilizar menores cantidades de reactivos, y de esta manera reducir la cantidad de desechos que se generan.
- **Medidas de seguridad.** Deben exigirse las medidas de seguridad necesarias indicando el equipo de seguridad que debe utilizarse, cuando se manipulen los desechos.
  - **Protección personal:** Como mínimo debe contarse con bata blanca de manga larga, guantes de neopreno, lentes de seguridad, mascarilla para gases y cofia para el pelo. (Ver anexo 6)
  - **Protección colectiva:** En cada laboratorio en el que se manejen tanto reactivos como desechos químicos debe contarse con campana de extracción de gases, ducha, lava-ojos, extintor.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



## 4. NORMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE

- 4.1. Utilizar bata manga larga, gafas de seguridad, zapatos cerrados, cabello recogido, guantes, mascarilla y cofia.
- 4.2. En caso de derrame o vertimiento de algún tipo de reactivo o residuo se debe recoger o limpiar inmediatamente siguiendo los procedimientos adecuados. (ver anexo 7)
- 4.3. No se debe utilizar anillos, pulseras o accesorios grandes ya que pueden provocar accidentes.
- 4.4. Está terminantemente prohibido fumar, comer o beber en el laboratorio.
- 4.5. Se recomienda manipular reactivos y/o desechos en solitario, informar a alguien de su ubicación y actividad.
- 4.6. Cuando se trabaje con sustancias volátiles, se debe utilizar una campana de extracción, no inhale vapores de sustancias químicas. La misma no debe utilizarse como lugar de almacenamiento.
- 4.7. Si es necesario oler una sustancia, la forma apropiada es dirigir el vapor abanicando el mismo hacia la nariz.
- 4.8. Cuando transporte un reactivo o desecho sujételo de la base no de la tapa.
- 4.9. Al finalizar su trabajo recoja todos los materiales y reactivos para evitar acumulación fuera del sitio adecuado.
- 4.10. Si es necesario realice una inactivación química de los residuos generados en sus laboratorios y almacénelo en el lugar y sitio asignado para tal fin indicando tipo de residuo en el envase con su debida etiqueta.
- 4.11. Evite mezclar desechos ya que por la naturaleza de los mismos podrían causar reacciones indeseadas.
- 4.12. Leer cuidadosamente la etiqueta del envase antes de desechar algún residuo.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



- 4.13. Antes de añadir cualquier tipo de residuo a un envase, asegurarse de que el envase es el correcto y está debidamente etiquetado.
- 4.14. Los envases deberán permanecer siempre cerrados y sólo se abrirán el tiempo imprescindible para introducir algún residuo.
- 4.15. Si se duda en la clasificación de algún residuo, así como de posibles reacciones, situarlo en un envase por separado. No mezclar.
- 4.16. El vertido de los residuos en los envases correspondientes se ha de efectuar de una forma lenta y controlada. Esta operación será interrumpida si se observa cualquier fenómeno anormal, como la producción de gases o un incremento excesivo de la temperatura. Una vez acabada la operación se cerrará el envase hasta la próxima utilización. De esta forma se reducirá la exposición a los residuos generados, así como el riesgo de posibles derrames.
- 4.17. Los envases no se llenarán más del 90% aproximadamente de su capacidad, con la finalidad de evitar salpicaduras, derrames o sobrepresiones.
- 4.18. Dentro del laboratorio, los envases se depositarán en el suelo para prevenir la caída a distinto nivel. Los envases en uso nunca se dejarán en zonas de paso o lugares que puedan dar lugar a tropiezos, y siempre se mantendrán alejados de cualquier fuente de calor.
- 4.19. Siempre debe evitarse el contacto directo con los residuos, utilizando los equipos de protección individual adecuados a sus características de peligrosidad (indicadas en los pictogramas ubicados en la tabla No. 5).
- 4.20. Los residuos de los cuales se desconozcan sus propiedades deberán considerarse como peligrosos, tomando las máximas precauciones.
- 4.21. No mezclar residuos líquidos inmiscibles. La existencia de varias fases dificulta su tratamiento posterior.
- 4.22.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



## 5. CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS (UCLM, 2008)

La caracterización, selección e identificación de los desechos son operaciones básicas en el Programa de Gestión de Desechos, para evitar riesgos debidos a una manipulación, transporte o almacenamiento inseguros. Asimismo, facilita el posterior tratamiento de los mismos.

Los siguientes grupos de clasificación de los residuos químicos peligrosos se han separado teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los mismos, las posibles reacciones de incompatibilidad en caso de mezcla y el tratamiento final de los mismos.

### 5.1 Grupo I: DISOLVENTES HALOGENADOS

En este grupo se clasifican los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%.

**Tabla No. 1:** Clasificación de Disolventes Halogenados (UCLM, 2008)

FAMILIA DE DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECÍFICOS
Hidrocarburos alifáticos	Cloroformo, cloruro de metileno, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, triclorotrifluoretano, bromometano, iodometano
Hidrocarburos aromáticos	Clorobenceno, diclorobenceno, diclorofenol, bromotolueno, bromobutano, bromotolueno, clorotolueno, hexafluorobenceno, iodobenceno
Alcoholes halogenados	Tricloroetanol, cloropropanol, cloropropanodiol, alcohol clorobencílico, fluoroetanol
Aminas halogenadas	Bromoanilina, clorobencilamina, iodoanilina, dicloroanilina, tricloroanilina
Esteres halogenados	Bromoacetatos, cloroacetatos, cloropropionatos, cloroformiatos
Amidas halogenadas	Bromoacetanilida, cloroacetamida, ácido ortoiodohipúrico.



## 5.2 Grupo II: DISOLVENTES NO HALOGENADOS

Se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos. Es importante, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior.

**Tabla No 2:** Clasificación de disolventes no halogenados (UCLM, 2008)

FAMILIA DE DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECÍFICOS
Hidrocarburos cíclicos	Ciclohexano, metilciclohexano
Derivados de hidrocarburos alifáticos	Pentano, Hexano, decano, dimetilformamida, acetoneitrilo
Hidrocarburos aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, estireno, cumeno
Alcoholes	Metanol, etanol, isopropanol, butanol, alcohol amílico, alcohol alílico, etilenglicoles, polialcoholes
Cetonas	Acetona, metilbutilcetona, propanona, ciclohexilbutilcetona, cetonas aromáticas
Ésteres	Acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de butilo, acetato de amilo, lauratos, succinatos, glutaratos, acrilatos
Aminas Alifáticas	Butilamina, metilamina, trietilamina
Aminas Aromáticas	Anilina, toluidina, fenilendiamina, nitroanilina, cloroanilina, metilanilina, fenilpiperacina
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Antraceno, bifenilo, naftaleno, fluoreno, indeno, pireno
Compuestos sulfurados	Tiofenol, etilmercaptano, sulfuro de dialilo, sulfuro de dimetilo, difenilo disulfuro
Otros	Dimetilsulfóxido, sulfuro de carbono, dioxano, tetrahidrofurano, sulfato de metilo, sulfato de etilo.

## 5.3 Grupo III: DISOLUCIONES ACUOSAS

Este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer subdivisiones, tal

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



como se indica a continuación. Estas subdivisiones son necesarias, para evitar reacciones de incompatibilidad o por requerimiento de su tratamiento posterior:

- **Disoluciones acuosas inorgánicas:** sulfatos, fosfatos, cloruros, bromuros, yoduros y nitratos.
- **Disoluciones acuosas de metales pesados:** Níquel, plata, plomo, cadmio, selenio, mercurio (estos metales deben ser desechados por separado, para su posterior tratamiento o recuperación).
- **Disoluciones acuosas de cromo VI.**
- **Disoluciones de fijadores orgánicos:** Formol, fenol, glutaraldehído.
- **Mezclas agua/disolvente:** Eluyentes de cromatografía, metanol/agua.

## 5.4 Grupo IV: ÁCIDOS INORGÁNICOS

Corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus disoluciones acuosas. Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

## 5.5. Grupo V: BASES INORGÁNICAS

Corresponden a este grupo las bases inorgánicas y sus disoluciones acuosas. Al igual que en el caso de los ácidos, se comprobará que la mezcla de bases no produzca ninguna reacción exotérmica o producción de gas ; en caso de que existan tales reacciones, las bases se recogerán por separado.





## 5.6 Grupo VI: SÓLIDOS

Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de sólidos:

- **Sólidos orgánicos:** A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados con productos químicos orgánicos como, por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
- **Sólidos inorgánicos:** A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo, sales de metales pesados.
- **Material desechable contaminado:** A este grupo pertenece el material contaminado con productos químicos. En este grupo se pueden establecer subgrupos de clasificación, por la naturaleza del material y la naturaleza del contaminante. En este grupo se puede incluir, por ejemplo, guantes, papel y adhesivo que se utilizan para las prácticas de laboratorio

**Nota:** No pertenecen a este grupo los reactivos puros en estado sólido (Incluidos en el grupo VII).

## 5.7 Grupo VII: ESPECIALES

A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos. Ejemplos:

- **Comburentes** (peróxidos)
- **Compuestos pirofóricos** (magnesio metálico en polvo)
- **Compuestos muy reactivos**
  - ✓ Ácidos fumantes

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- ✓ Cloruros de ácido (cloruro de acetilo)
- ✓ Metales alcalinos (sodio, potasio)
- ✓ Hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio)
- ✓ Compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo)
- ✓ Compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos)
- ✓ Compuestos peroxidables (éteres)
- ✓ Restos de reacción
- ✓ Productos no etiquetados



## 6. TIPOS DE ENVASES

Para el envasado de desechos químicos deben emplearse distintos tipos de bidones o recipientes, dependiendo del tipo de residuo y de la cantidad producida.

La elección del tipo de envase también depende de cuestiones logísticas como la capacidad de almacenaje del laboratorio.

**Tabla No. 3.** Tipos de Envases según grupo de residuo químico. (UAH, 2005)

Características del Envase	Tipo de desecho
Bidones de polietileno de alta densidad	Grupos I a VII
Envases ámbar de borosilicato	Grupos I a VII
Envases de seguridad provistos de extintores y compensación de presión	Productos muy inflamables o que desprendan malos olores

En la elección del tipo de envase debe tenerse en cuenta la posible incompatibilidad entre el envase y el residuo. Por ejemplo, en la utilización de envases de polietileno, es preciso tener en cuenta algunas recomendaciones, las más importantes de las cuales se resumen a continuación.

**Tabla No. 4** Incompatibilidades con envases de polietileno (UCLM, 2008)

PRODUCTO	RECOMENDACIÓN
Bromoformo y sulfuro de carbono	No utilizar
Ácido butírico, ácido benzoico, bromo y bromobenceno	No utilizar en períodos de almacenamiento superior a un mes
Cloruro de amilio, cresoles, dietiléter, éter, haluros de ácido nitrobenzenceno, percloroetileno, tricloroetileno y tricloroetano	No utilizar con el producto a temperaturas superiores a 40°C
Diclorobencenos	No utilizar en períodos de almacenaje superiores a un mes



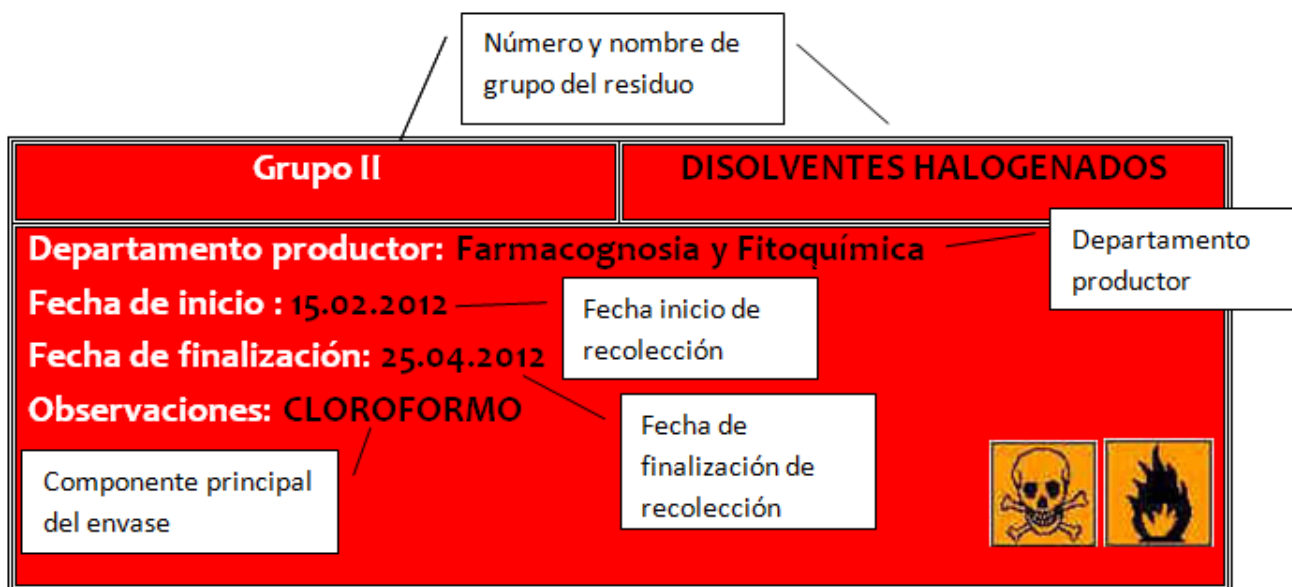
## 7. ETIQUETADO E IDENTIFICACIÓN DE LOS ENVASES

Todos los residuos y sus recipientes deberán estar **identificados** y correctamente **etiquetados**. Debe tenerse en cuenta que un residuo es una sustancia o un preparado peligroso, y tiene que estar claramente advertido para que su manipulación pueda efectuarse en las condiciones de seguridad apropiadas.

La identificación de los residuos químicos peligrosos debe incluir:

- Grupo (número y nombre) al que pertenece el residuo según clasificación propuesta.
- Los datos del laboratorio o departamento productor
- Fechas de inicio y final de llenado del envase. (dd.mm.aaaa)
- Pictogramas/ indicaciones de peligro
- Un espacio en blanco donde se coloque el componente principal del residuo cuando aplique (Metanol, Metales pesados, Mercurio, Plomo, etc.) o alguna precaución especial a tomar en cuenta.

Figura No. 1 Modelo de Etiqueta



# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS






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

Escuela de Química Farmacéutica



El etiquetado de un producto implica la asignación de unas categorías de peligro definidas y preestablecidas basadas en las propiedades fisicoquímicas, toxicológicas, efectos específicos sobre la salud humana y efectos sobre el medio ambiente; identificadas mediante pictogramas y símbolos de peligrosidad propuestos por el Sistema Globalmente Armonizado para la clasificación y etiquetado de productos químicos. (UAH, 2005).

**Tabla No. 5.** Pictogramas y símbolos de peligrosidad por sus propiedades fisicoquímicas (Salamanca, s.f)

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN
<p>Explosivos</p> <p>Las sustancias y preparados sólidos, líquidos, pastosos o gelatinosos que, incluso en ausencia de oxígeno del aire, puedan reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o, bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan.</p>	<p>E</p>  <p>Explosivo</p>
<p>Comburentes</p> <p>Las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.</p>	<p>O</p>  <p>Comburente</p>
<p>Extremadamente inflamables</p> <p>Las sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de ignición extremadamente bajo y un punto de ebullición bajo, y las sustancias y preparados gaseosos que, a temperatura y presión normales, sean inflamables con el aire.</p>	<p>F+</p>  <p>Extremadamente inflamable</p>
<p>Fácilmente inflamables</p> <p>Las sustancias y preparados:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Que puedan calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía.</li><li>• Los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente.</li><li>• Los líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo</li><li>• Que, en contacto con agua o con aire húmedo, desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas.</li></ul>	<p>F</p>  <p>Fácilmente inflamable</p>
<p>Inflamables</p> <p>Las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo.</p>	 <p>Inflamable</p>








# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



**Tabla No. 6:** Pictogramas y símbolos de peligrosidad por sus propiedades toxicológicas (Salamanca, s.f)

DEFINICIONES		IDENTIFICACIÓN	
<p><b>Muy tóxicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.</p>		<p>T+</p>  <p>Muy tóxico</p>	
<p><b>Tóxicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.</p>		<p>T</p>  <p>Tóxico</p>	
<p><b>Nocivos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.</p>		<p>Xn</p>  <p>Nocivo</p>	
<p><b>Corrosivos</b> Las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.</p>		<p>C</p>  <p>Corrosivo</p>	
<p><b>Irritantes</b> Las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.</p>		<p>Xi</p>  <p>Irritante</p>	
<p><b>Sensibilizantes</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos.</p>	<p>Por inhalación</p>	R42	<p>Xn</p>  <p>Nocivo</p>
	<p>Por contacto cutáneo</p>	R43	<p>Xi</p>  <p>Irritante</p>

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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


Escuela de Química Farmacéutica



**Tabla No. 7:** Pictogramas y símbolos de peligrosidad por sus efectos sobre la salud (Salamanca, s.f)

DEFINICIONES		IDENTIFICACIÓN	
<p><b>Carcinogénicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.</p>	Categorías 1 y 2	R45 R49	T  Tóxico
	Categoría 3	R40	Xn  Nocivo
<p><b>Mutagénicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.</p>	Categorías 1 y 2	R46	T  Tóxico
	Categoría 3	R68	Xn  Nocivo
<p><b>Tóxicos para la reproducción</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora.</p>	Categorías 1 y 2	R60 R61	T  Tóxico
	Categoría 3	R62 R63	Xn  Nocivo

**Tabla No. 8:** Pictogramas y símbolos de peligrosidad por sus efectos sobre el medio ambiente (Salamanca, s.f)

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN
<p><b>Peligrosos para el medio ambiente</b> Las sustancias o preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.</p>	<p>N  Peligroso para el medio ambiente</p>



## 8. ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS

En el sitio de almacenamiento debe llevarse un registro, anotando las fechas de entrada y salida, y no debe admitirse residuo alguno si no está debidamente etiquetado.

El periodo máximo de almacenamiento no debe ser superior a un año y el correspondiente envase deberá ser retirado a pesar de que no esté completo, antes de ese período.

El almacenamiento de los distintos residuos debe efectuarse de acuerdo con los grupos previamente establecidos, evitando incompatibilidades y otras situaciones peligrosas que puedan incrementar el riesgo.

Mientras no se disponga de un almacén para los desechos, es necesario designar un área específica en la cual se almacenarán. Esta área debe estar debidamente identificada y apartada (según las posibilidades de cada uno de los laboratorios) del resto del laboratorio y sus reactivos, material y equipo.

Es importante tomar en cuenta la siguiente tabla a la hora del almacenamiento de los distintos residuos químicos generados.















# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



**Tabla No. 9:** Incompatibilidades de almacenamiento (Salamanca, s.f)

						
	+	-	-	-	-	+
	-	+	-	-	-	-
	-	-	+	-	-	+
	-	-	-	+	-	-
	-	-	-	-	+	O
	+	-	+	-	O	+

## Clave de incompatibilidades de almacenamiento de sustancias peligrosas

- + Se pueden almacenar conjuntamente.
- O Solamente podrán almacenarse juntas, si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención.
- No deben almacenarse juntas.



## 9. TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

### 9.1. Reutilización

El empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

### 9.2. Reciclado

La transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines.

### 9.3. Valorización

Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana ni perjudicar el medio ambiente.

### 9.4. Eliminación

Todo procedimiento dirigido al vertido o la destrucción, total o parcial, del residuo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

### 9.5. Recopilación selectiva

Sistema de recogida diferenciada de residuos que permita la separación de los materiales de cierto valor contenidos en los mismos.



## 10. PROTOCOLOS DE TRATAMIENTO PREVIO A LA ELIMINACIÓN

### 10.1. Metodología para tratamiento de desechos ácidos y básicos inorgánicos

#### 1. Responsables

##### 1.1 Jefes de Departamento:

- 1.1.1 Coordinar la correcta implementación del tratamiento de residuos ácidos y básicos en los laboratorios.
- 1.1.2 Verificar que se tenga todo el material y reactivos para llevar a cabo el tratamiento.
- 1.1.3 Instruir al Auxiliar de Cátedra con respecto a dicho procedimiento.

##### 1.2 Auxiliares de cátedra :

- 1.2.1 Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes sobre el tratamiento de desechos ácidos y básicos y así asegurar su correcta eliminación.
- 1.2.2 Asegurarse que se cumplan con las normas de bioseguridad.
- 1.2.3 Al finalizar la práctica será el responsable de documentar el tratamiento de los desechos, anotando en un libro destinado para dicho propósito.

##### 1.3 Estudiantes

- 1.3.1 Cumplir con las normas de bioseguridad antes, durante y después del procedimiento de tratamiento.
- 1.3.2 Tratar los desechos de metales pesados de acuerdo a las instrucciones dadas por el Auxiliar de Cátedra.
- 1.3.3 Realizar un reporte detallado del procedimiento y los resultados obtenidos al finalizar el tratamiento



## 2. Equipo de Seguridad

- 2.1 Bata blanca de manga larga y hasta la rodilla
- 2.2 Guantes de nitrilo.
- 2.3 Lentes de seguridad
- 2.4 Cofia
- 2.5 Zapatos completamente cerrados
- 2.6 Mascarilla N95

## 3. Materiales y reactivos

- 3.1 Solución saturada de  $\text{CaOH}_2$
- 3.2 Ácido Clorhídrico diluido
- 3.3 Agua
- 3.4 Cubeta plástica de 5 galones (preferible de Polietileno de alta densidad)
- 3.5 Agitador
- 3.6 Papel pH.

## 4. Procedimiento

- 4.1 Mezclar el desecho ácido con el básico, aproximadamente en una proporción 1:6 respectivamente.

MEZCLAR LENTAMENTE PARA EVITAR PROYECCIONES

- 4.2 Medir pH de la mezcla anterior.
- 4.3 Neutralizar adicionando lentamente la solución saturada de  $\text{CaOH}_2$  o Acido clorhídrico diluido, con constante agitación, según pH.

PRECAUCIÓN AL AGITAR, REACCIÓN EXOTÉRMICA.

- 4.4 Medir pH y corroborar la neutralización.
- 4.5 Decantar y filtrar el sobrenadante.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- 4.6 El filtrado podrá ser eliminado en el desagüe, con un flujo continuo de agua al descartarlos.
- 4.7 El sólido obtenido encapsularlo en cemento y recubrirlo con pintura epóxica o barniz. Los bloques de cemento deberán ser enterrados en un área destinada para este propósito.



## **10.2. Metodología para tratamiento de desechos que contienen Metales Pesados**

### **1. Responsables**

#### 1.1 Jefes de Departamento:

- 1.1.1 Coordinar la correcta implementación del tratamiento de residuos de metales en los laboratorios.
- 1.1.2 Verificar que se tenga todo el material y reactivos para llevar a cabo el tratamiento.
- 1.1.3 Instruir al Auxiliar de Cátedra con respecto a dicho procedimiento.

#### 1.2 Auxiliares de cátedra :

- 1.2.1 Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes sobre el tratamiento de desechos de metales pesados y así asegurar su correcta eliminación.
- 1.2.2 Asegurarse que se cumplan con las normas de bioseguridad.
- 1.2.3 Al finalizar la práctica será el responsable de documentar el tratamiento de los desechos, anotando en un libro destinado para dicho propósito.

#### 1.3 Estudiantes

- 1.3.1 Cumplir con las normas de bioseguridad antes, durante y después del procedimiento de tratamiento.
- 1.3.2 Tratar los desechos ácidos y básicos de acuerdo a las instrucciones dadas por el Auxiliar de Cátedra.
- 1.3.3 Realizar un reporte detallado del procedimiento y los resultados obtenidos al finalizar el tratamiento

### **2. Equipo de Seguridad**

- 2.1 Bata blanca de manga larga y hasta la rodilla



- 2.2 Guantes de nitrilo.
- 2.3 Lentes de seguridad
- 2.4 Cofia
- 2.5 Zapatos completamente cerrados
- 2.6 Mascarilla No. 95

### 3. Materiales y reactivos

- 3.1 Hipoclorito de Sodio al 5% (Cloro Comercial)
- 3.2 Solución saturada de  $\text{CaOH}_2$
- 3.3 Acido Clorhídrico diluido
- 3.4 Agua
- 3.5 Cubeta plástica de 5 galones (preferible de Polietileno de alta densidad)
- 3.6 Agitador
- 3.7 Papel pH.

### 4. Procedimiento

- 4.1 Agregar al desecho de metales pesados, un exceso de Hipoclorito de Sodio al 5%, hasta alcanzar un  $\text{pH}=14$
- 4.2 Dejar reposar 24 horas para asegurar la reacción de precipitación de los óxidos metálicos
- 4.3 Medir pH del sobrenadante y tratar como desecho básico.
- 4.4 Decantar y filtrar el sobrenadante.
- 4.5 El filtrado podrá ser eliminado en el desagüe, con un flujo continuo de agua al descartarlo.
- 4.6 El sólido obtenido encapsularlo en cemento y recubrirlo con pintura epóxica o barniz. Los bloques de cemento deberán ser enterrados en un área destinada para este propósito.



## **10.3. Metodología para tratamiento de desechos que contienen Cianuro**

### **1. Responsables**

#### **1.1 Jefes de Departamento:**

- 1.1.1 Coordinar la correcta implementación del tratamiento de residuos de cianuro en los laboratorios.
- 1.1.2 Verificar que se tenga todo el material y reactivos para llevar a cabo el tratamiento.
- 1.1.3 Instruir al Auxiliar de Cátedra con respecto a dicho procedimiento.

#### **1.2 Auxiliares de cátedra :**

- 1.2.1 Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes sobre el tratamiento de desechos de cianuro y así asegurar su correcta eliminación.
- 1.2.2 Asegurarse que se cumplan con las normas de bioseguridad.
- 1.2.3 Al finalizar la práctica será el responsable de documentar el tratamiento de los desechos, anotando en un libro destinado para dicho propósito.

#### **1.3 Estudiantes**

- 1.3.1 Cumplir con las normas de bioseguridad antes, durante y después del procedimiento de tratamiento.
- 1.3.2 Tratar los desechos de cianuro de acuerdo a las instrucciones dadas por el Auxiliar de Cátedra.
- 1.3.3 Realizar un reporte detallado del procedimiento y los resultados obtenidos al finalizar el tratamiento

### **2. Equipo de Seguridad**

- 2.1 Bata blanca de manga larga y hasta la rodilla
- 2.2 Guantes de nitrilo.





- 2.3 Lentes de seguridad
- 2.4 Cofia
- 2.5 Zapatos completamente cerrados
- 2.6 Mascarilla de gases

### 3. Materiales y reactivos

- 3.1 Peróxido de Hidrógeno
- 3.2  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- 3.3  $\text{FeSO}_4$
- 3.4 Agitador
- 3.5 Equipo de enfriamiento y control de temperatura
- 3.6 Termómetro
- 3.7 Campana de extracción de gases.
- 3.8 Cristalería variada de laboratorio

### 4. Procedimiento

- 4.1 Agregar lentamente al desecho de cianuro peróxido de hidrógeno al 56%. Controlar cuidadosamente la temperatura y mantenerla en aproximadamente  $16^\circ\text{C}$  durante el proceso. Dejar reaccionar por al menos 20 minutos.

**9.33 Kg. de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (56%)/kg. CN**

- 4.2 Agregar  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  para catalizar la reacción. Dejar reaccionar por 30 minutos más.

**20 mg Cu / 2 litros de desecho**

- 4.3 Medir pH del y mantenerlo más o menos en 11.5
- 4.4 Precipitación de ferrocianuros de cobre con la adición de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y precipitación de arsénico con  $\text{FeSO}_4$

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- 4.5 Decantar y filtrar el sobrenadante. Filtrar nuevamente el sobrenadante solamente con carbón activado.
- 4.6 El filtrado podrá ser eliminado en el desagüe, con un flujo continuo de agua al descartarlo.
- 4.7 El sólido obtenido encapsularlo en cemento y recubrirlo con pintura epóxica o barniz. Los bloques de cemento deberán ser enterrados en un área destinada para este propósito.



## **10.4. Metodología para el manejo y disposición de los desechos Orgánicos**

### **1. Responsables**

#### 1.1 Jefes de Departamento:

- 1.1.1 Coordinar el correcto manejo y separación de los desechos orgánicos en los laboratorios.
- 1.1.2 Verificar que se tenga todo lo necesario para dicha clasificación y separación.
- 1.1.3 Instruir al Auxiliar de Cátedra con respecto a etiquetado, separación y clasificación de desechos.

#### 1.2 Auxiliares de cátedra :

- 1.2.1 Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes sobre el etiquetado, separación y manejo de los desechos orgánicos
- 1.2.2 Asegurarse que se cumplan con las normas de bioseguridad.
- 1.2.3 Al finalizar la práctica será el responsable de documentar el manejo de los desechos, anotando en un libro destinado para dicho propósito.

#### 1.3 Estudiantes

- 1.3.1 Cumplir con las normas de bioseguridad en todo momento.
- 1.3.2 Cumplir a cabalidad con las normas de etiquetado y separación de los residuos químicos.

### **2. Equipo de Seguridad**

- 2.1 Bata blanca de manga larga y hasta la rodilla
- 2.2 Guantes de nitrilo.
- 2.3 Lentes de seguridad
- 2.4 Cofia
- 2.5 Zapatos completamente cerrados



## 2.6 Mascarilla de gases

### 3. Materiales y reactivos

3.1 Campana de extracción de gases.

3.2 Envases para descarte.

3.3 Etiquetas para desechos

### 4. Procedimiento

4.1 Descartar adecuadamente los desechos en los recipientes destinados para ese fin.

4.2 Separarlos según la clasificación propuesta en el presente Manual.

4.3 Los desechos de solventes orgánicos que se puedan incinerar (Anexo No.4 ), tendrán que seguir el procedimiento detallado en el apartado No. 11 del Manual *“Propuesta de protocolo de funcionamiento para la gestión interna de residuos peligrosos en la Escuela de Química Farmacéutica”*

4.4 Los solventes orgánicos para los cuales la incineración no es viable, podrán ser recuperados por medio de Destilación Fraccionada ( Anexo No. 5)



## **10.5. Metodología para el tratamiento de desechos inorgánicos oxidantes**

### **1. Responsables**

#### **1.1. Jefes de Departamento:**

- 1.1.1. Coordinar la correcta implementación del tratamiento de desechos inorgánicos oxidantes.
- 1.1.2. Verificar que se tenga todo el material y reactivos para llevar a cabo el tratamiento.
- 1.1.3. Instruir al Auxiliar de Cátedra con respecto a dicho procedimiento.

#### **1.2. Auxiliares de cátedra :**

- 1.2.1. Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes sobre el tratamiento de desechos inorgánicos oxidantes y así asegurar su correcta eliminación.
- 1.2.2. Asegurarse que se cumplan con las normas de bioseguridad.
- 1.2.3. Al finalizar la práctica será el responsable de documentar el tratamiento de los desechos, anotando en un libro destinado para dicho propósito.

#### **1.3. Estudiantes**

- 1.3.1. Cumplir con las normas de bioseguridad antes, durante y después del procedimiento de tratamiento.
- 1.3.2. Tratar los desechos inorgánicos oxidantes de acuerdo a las instrucciones dadas por el Auxiliar de Cátedra.
- 1.3.3. Realizar un reporte detallado del procedimiento y los resultados obtenidos al finalizar el tratamiento

### **2. Equipo de Seguridad**

- 2.1. Bata blanca de manga larga y hasta la rodilla
- 2.2. Guantes de nitrilo.



- 2.3. Lentes de seguridad
- 2.4. Cofia
- 2.5. Zapatos completamente cerrado
- 2.6. Mascarilla para gases

### 3. Materiales y reactivos

- 3.1. Solución al 50% de tiosulfato de sodio
- 3.2. Ácido sulfúrico 3M
- 3.3. Beaker de vidrio de 600 ml
- 3.4. Varilla de agitación
- 3.5. Papel pH
- 3.6. Solución de hidróxido de sodio 1M

### 4. Procedimiento

- 4.1. Este método es solamente para pequeñas cantidades de agentes oxidantes, es mejor si se realizan pruebas antes con pequeñas porciones del material que desea destruir antes de hacerlo con todo el material.

*Nota: cuando se traten desechos de soluciones de yodo, el cual es poco soluble en agua, colocar los cristales de yodo en solución de 50% de tiosulfato pero saltee el paso de la adición de ácido sulfúrico. Calentar poco la solución a 50-60°C y agitar hasta que el yodo se haya consumido. Luego verificar el pH con papel indicador y proceder con el resto del procedimiento.*

- 4.2. Agregar al material el doble de exceso de una solución al 50% de tiosulfato de sodio con agitación constante.
- 4.3. Agregar ácido sulfúrico 3M con agitación para llevar el pH de 2-3. verificar pH con el papel indicador. (si la temperatura aumenta es por la reacción exotérmica que se está llevando a cabo).

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- 4.4. Agregar más ácido sulfúrico 3M para producir incremento de la temperatura.
- 4.5. Dejar la mezcla reposar por una hora.
- 4.6. Nuevamente verificar el pH y neutralizar la solución con hidróxido de sodio o ácido sulfúrico.



## **10.6. Metodología para el tratamiento de desechos inorgánicos reductores**

### **1. Responsables**

#### **1.1. Jefes de Departamento:**

- 1.1.1. Coordinar la correcta implementación del tratamiento de desechos inorgánicos reductores.
- 1.1.2. Verificar que se tenga todo el material y reactivos para llevar a cabo el tratamiento.
- 1.1.3. Instruir al Auxiliar de Cátedra con respecto a dicho procedimiento.

#### **1.2. Auxiliares de cátedra :**

- 1.2.1. Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes sobre el tratamiento de desechos inorgánicos reductores y así asegurar su correcta eliminación.
- 1.2.2. Asegurarse que se cumplan con las normas de bioseguridad.
- 1.2.3. Al finalizar la práctica será el responsable de documentar el tratamiento de los desechos, anotando en un libro destinado para dicho propósito.

#### **1.3. Estudiantes**

- 1.3.1. Cumplir con las normas de bioseguridad antes, durante y después del procedimiento de tratamiento.
- 1.3.2. Tratar los desechos de inorgánicos reductores de acuerdo a las instrucciones dadas por el Auxiliar de Cátedra.
- 1.3.3. Realizar un reporte detallado del procedimiento y los resultados obtenidos al finalizar el tratamiento

### **2. Equipo de Seguridad**

- 2.1. Bata blanca de manga larga y hasta la rodilla
- 2.2. Guantes de nitrilo.



# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



- 2.3. Lentes de seguridad
- 2.4. Cofia
- 2.5. Zapatos completamente cerrado
- 2.6. Mascarilla para gases

### 3. Reactivos y materiales

- 3.1. Carbonato de sodio sólido
- 3.2. Hipoclorito de calcio solido
- 3.3. Beaker de vidrio
- 3.4. Varilla de agitación
- 3.5. Papel pH
- 3.6. Solución de hidróxido de sodio 1M
- 3.7. Solución de ácido clorhídrico 1M

### 4. Procedimiento

- 4.1. Colocar un volumen de la misma cantidad de carbonato de sodio al material a descartar en el beaker.
- 4.2. Agregar el desecho a descartar.
- 4.3. Agregar un volumen igual de agua y agitar para mezclar bien.
- 4.4. Lentamente agregar el hipoclorito de calcio a la mezcla, con agitación constante. Precaución: la reacción puede generar demasiado calor.
- 4.5. Agregar la misma cantidad de hipoclorito de calcio como el volumen original de material a descartar.
- 4.6. Dejar reposar la mezcla por 2 horas.
- 4.7. Verificar el pH y neutralice si es necesario.
- 4.8. La solución neutra puede descartarse en el drenaje con flujo continuo de agua



## **10.7. Metodología para el tratamiento de desechos de sulfuros inorgánicos**

### **1. Responsables**

#### **1.1. Jefes de Departamento:**

- 1.1.1 Coordinar la correcta implementación del tratamiento de desechos de sulfuros inorgánicos.
- 1.1.2 Verificar que se tenga todo el material y reactivos para llevar a cabo el tratamiento.
- 1.1.3 Instruir al Auxiliar de Cátedra con respecto a dicho procedimiento.

#### **1.2. Auxiliares de cátedra :**

- 1.1.4 Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes sobre el tratamiento de desechos de sulfuros inorgánicos y así asegurar su correcta eliminación.
- 1.2.1. Asegurarse que se cumplan con las normas de bioseguridad.
- 1.2.2. Al finalizar la práctica será el responsable de documentar el tratamiento de los desechos, anotando en un libro destinado para dicho propósito.

#### **1.3. Estudiantes**

- 1.3.1. Cumplir con las normas de bioseguridad antes, durante y después del procedimiento de tratamiento.
- 1.1.5 Tratar los desechos de sulfuros inorgánicos. de acuerdo a las instrucciones dadas por el Auxiliar de Cátedra.
- 1.3.2. Realizar un reporte detallado del procedimiento y los resultados obtenidos al finalizar el tratamiento

### **2. Equipo de Seguridad**

- 2.1. Bata blanca de manga larga y hasta la rodilla
- 2.2. Guantes de nitrilo.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



- 2.3. Lentes de seguridad
- 2.4. Cofia
- 2.5. Zapatos completamente cerrado
- 2.6. Mascarilla N95

### 3. Materiales y reactivos

- 3.1. Campana de extracción
- 3.2. Beaker de 600 ml
- 3.3. Varilla de agitación
- 3.4. Solución de cloruro férrico 1M (3 veces el volumen a desechar)
- 3.5. Carbonato de sodio, solido.
- 3.6. Papel pH
- 3.7. Papel filtro (opcional)

### 4. Procedimiento

- 4.1. Colocar la solución de cloruro férrico en un beaker y lentamente añadir el material a descartar con agitación constante. Se formara precipitado
- 4.2. Medir pH y neutralizar la solución con carbonato de sodio.
- 4.3. Dejar el precipitado sedimentarse y decantar o filtrar el sobrenadante.
- 4.4. Descartar la solución en el drenaje con flujo constante de agua.
- 4.5. El sólido obtenido encapsularlo en cemento y recubrirlo con pintura epóxica o barniz. Los bloques de cemento deberán ser enterrados en un área destinada para este propósito.

*Nota: este procedimiento no debe ser utilizado con gases de sulfuro de hidrogeno.*



## 10.8. Metodología para el tratamiento de desechos de cromo VI

### 1. Responsables

#### 1.1. Jefes de Departamento:

- 1.1.1. Coordinar la correcta implementación del tratamiento de desechos de cromo VI.
- 1.1.2. Verificar que se tenga todo el material y reactivos para llevar a cabo el tratamiento.
- 1.1.3. Instruir al Auxiliar de Cátedra con respecto a dicho procedimiento.

#### 1.2. Auxiliares de cátedra :

- 1.2.1. Transmitir a los estudiantes, los conocimientos y puntos importantes sobre el tratamiento de desechos de Cromo VI y así asegurar su correcta eliminación.
- 1.2.2. Asegurarse que se cumplan con las normas de bioseguridad.
- 1.2.3. Al finalizar la práctica será el responsable de documentar el tratamiento de los desechos, anotando en un libro destinado para dicho propósito.

#### 1.3. Estudiantes

- 1.3.1. Cumplir con las normas de bioseguridad antes, durante y después del procedimiento de tratamiento.
- 1.3.2. Tratar los desechos de Cromo VI. de acuerdo a las instrucciones dadas por el Auxiliar de Cátedra.
- 1.3.3. Realizar un reporte detallado del procedimiento y los resultados obtenidos al finalizar el tratamiento

### 2. Equipo de Seguridad

- 2.1. Bata blanca de manga larga y hasta la rodilla

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



- 2.2. Guantes de nitrilo.
- 2.3. Lentes de seguridad
- 2.4. Cofia
- 2.5. Zapatos completamente cerrado
- 2.6. Mascarilla N95

### 3. Materiales y reactivos

- 3.1. Beaker de 600ml
- 3.2. Ácido clorhídrico
- 3.3. Agente reductor como ácido sulfuroso, bisulfito de sodio o meta-bisulfito de sodio.
- 3.4.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

### 4. Procedimiento

- 4.1. Colocar el desecho a tratar en un beaker de vidrio y acidificar con ácido clorhídrico a pH 2 o 3.
- 4.2. Agregar el agente reductor (ácido sulfuroso, bisulfito de sodio o meta-bisulfito de sodio.).
- 4.3. Agregar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para formar hidróxido de cromo, el cual es considerado inocuo por las reglas ambientales .
- 4.4. El líquido resultante pueden ser dispuestas o recicladas.



## **11. PROPUESTA DE PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO PARA LA GESTIÓN INTERNA DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA ESCUELA DE QUIMICA FARMACEUTICA.**

### **11.1. Responsables**

- 11.1.1. Todos los laboratorios que generen residuos peligrosos deberán contar con una persona encargada de que la eliminación y recogida de residuos se realice correctamente, al igual que el almacenamiento de reactivos. Este cargo coincidirá normalmente con el Auxiliar de Laboratorio y el jefe de departamento.
- 11.1.2. Estas personas serán asimismo las encargadas de la supervisión y el control de la producción de residuos, su manipulación por el personal y su correcto envasado, etiquetado e identificación y almacenamiento temporal posterior. Además, deberán asegurar que se cumplen las normas de seguridad y en caso de posible riesgo comunicarse con la Comisión de Prevención de Desastres de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **11.2. Actividades**

- 11.2.1. Comunicar a la empresa contratada las necesidades concretas del laboratorio en lo referente a la retirada de los residuos. Estas necesidades deberán respetar lo establecido en el presente manual de gestión de desechos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- 11.2.2. Llenar una Ficha de Control de residuos que contenga, al menos, la siguiente información:
  - Departamento, laboratorio y responsable de la actividad productora de residuos.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



- Fecha de comienzo y final de llenado de los bidones.
  - Características de los residuos generados (grupo, contenido principal, cantidad generada, y número y volumen de envases empleados)
- 11.2.3. Una copia de esta ficha se entregará a la empresa contratada para la comprobación de los residuos recogidos. Asimismo, deberá archivar una copia de la ficha para control de la Escuela de Química Farmacéutica.
- 11.2.4. Vigilar que se mantenga una cantidad de bidones, envases y etiquetas adecuada a las necesidades del laboratorio, incluyendo una pequeña cantidad de reserva para aquellas ocasiones en que se agoten y sea necesaria su reposición inmediata.
- 11.2.5. Situar convenientemente los depósitos en un lugar adecuado del laboratorio y marcar la fecha de inicio y fin de llenado en los mismos. Cuando un bidón o envase esté al 90% de su capacidad, el encargado marca la fecha de final de llenado, lo traslada al lugar adecuado para su almacenamiento temporal y lo registra en la correspondiente Ficha de Control de residuos.
- 11.2.6. La periodicidad de recogida de los residuos la establecerá cada departamento y será acordada con la empresa gestora (incluida en el contrato). El calendario se dará a conocer a todo el personal del laboratorio y se exhibirá en un cartel próximo al lugar donde se ubican los depósitos.
- 11.2.7. El almacenamiento temporal de los residuos no deberá exceder los 2 meses.
- 11.2.8. La fecha y la hora de recogida deberán ser notificadas con al menos dos días de antelación por parte de la empresa gestora al director del departamento para que éste avise al Auxiliar de Laboratorio o a la persona encargada de la gestión interna de residuos.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica

---



- 11.2.9. Este último deberá estar siempre presente durante la visita de la empresa encargada de retirar y gestionar los residuos peligrosos. Asimismo, también estará presente un técnico de la empresa el cual deberá registrar con una firma las Fichas de Control referidas a los depósitos retirados.
- 11.2.10. Posteriormente, la empresa gestora emitirá un certificado de los residuos retirados que será entregado al responsable designado en cada Departamento, el cual deberá controlar su recepción.



# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



## 11.3. Ficha de Control de Gestión Interna de Residuos Peligrosos.

Deberá llenarse una ficha por cada envase de residuo (Bidón y/o frascos). Deberá quedarse con una copia de este documento para controles internos del Departamento de Química Farmacéutica.

1. Persona encargada de la gestión de residuos peligrosos en el Laboratorio: \_\_\_\_\_
2. Laboratorio productor: \_\_\_\_\_
3. Departamento: \_\_\_\_\_
4. Edificio: \_\_\_\_\_

Indique con una "X" el tipo de Residuo peligrosos que contiene el depósito.

RESIDUOS QUÍMICOS	
Grupo I: Disolvente halogenados	
Grupo II: Disolvente no halogenados	
Grupo III: Disoluciones acuosas	
Grupo IV: Ácidos	
Grupo V: Bases	
Grupo VI: Sólidos	
Grupo VII: Especiales	
Otro (indicar tipo de residuo)	

5. Observaciones: \_\_\_\_\_
6. Tipo de depósito: Bidón  Envase
7. Volumen del Depósito: \_\_\_\_\_ No. de Unidades: \_\_\_\_\_
8. Peso aproximado del depósito: \_\_\_\_\_
9. Fecha de inicio de llenado del envase (dd/mm/aa): \_\_\_\_\_
10. Fecha de finalización de llenado (dd/mm/aa): \_\_\_\_\_
11. Fecha de entrega a Empresa recolectora (dd/mm/aa): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma de la persona autorizada para la recolección  
(Empresa Privada)

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma del encargado del Laboratorio productor



## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 12.1. Asada, A. (2000) *Evaluación de los procesos de manejo y eliminación de los desechos químicos en los laboratorios de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*. USAC, Guatemala.
- 12.2. Díaz, N. (2000). *Manual de Gestión de los Residuos Especiales de la Universidad de Barcelona*. Barcelona, España: Publicaciones de la Universidad de Barcelona.
- 12.3. Wergin, D. (2004). *Generator's Guide to azardous Material/Waste Management*. Colorado, Estados Unidos: University of Colorado at Boulder.
- 12.4. Salamanca, U. d. (s.f.). *Manual de Gestión de Residuos Peligrosos, Universidad de Salamanca*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2010, De:  
[http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid\\_amb/manual.htm](http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid_amb/manual.htm)
- 12.5. UCLM (2008) Servicio de prevención UCLM *Gestión de Residuos Químicos*. Recuperado el 15 de marzo de 2012  
de:<http://www.uclm.es/servicios/prevencion/residuos/documentacion/Manual/07.%20Residuos%20Quimicos.pdf>
- 12.6. Osicka R., B. M. (2006). *Aprendiendo gestion de residuos quimicos desde la practica Universitaria*. Recuperado el 18 de febrero de 2011, de:UNNE:  
<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/08-Exactas/2006-E-046.pdf>
- 12.7. P&ID (2007) *Tratamiento de remoción de cromo hexavalente en aguas* Recuperado el 25 de agosto de 2012 De: [www.ing.uchile.cl/cromo/19\\_cromo](http://www.ing.uchile.cl/cromo/19_cromo).
- 12.8. UAH (2005) *Guía de Seguridad en Laboratorios* Recuperado el 1 de agosto 2012  
De: [http://www.uah.es/universidad/ecocampus/documentos/Guia\\_laboratorio.pdf](http://www.uah.es/universidad/ecocampus/documentos/Guia_laboratorio.pdf)

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



## 13. ANEXOS

### Anexo No.1: Clasificación de Desechos Químicos

<b>Grupo I</b>	<b>Disolventes halogenados</b>	
<b>Grupo II</b>	<b>Disolventes no halogenados</b>	
<b>Grupo III</b>	<b>Disoluciones Acuosas</b>	<b>Soluciones acuosas inorgánicas</b>
		Soluciones metales pesados
		<b>Soluciones acuosas de Cromo VI</b>
		<b>Soluciones de fijadores orgánicos</b>
	<b>Mezclas agua /disolvente</b>	
<b>Grupo IV</b>	<b>Ácidos Inorgánicos</b>	
<b>Grupo V</b>	<b>Bases Inorgánicas</b>	
<b>Grupo VI</b>	<b>Sólidos</b>	<b>Sólidos orgánicos</b>
		<b>Sólidos inorgánicos</b>
		<b>Material desechable contaminado</b>
<b>Grupo VII</b>	<b>Especiales</b>	


# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS


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


Escuela de Química Farmacéutica



## Anexo No.2: Modelos de Etiquetas

Grupo II	DISOLVENTES HALOGENADOS
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p>	
	

Grupo II	DISOLVENTES <u>NO</u> HALOGENADOS
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p>	
	

Grupo III	Diluciones acuosas METALES PESADOS
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p>	
	

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



Grupo III	Diluciones acuosas <b>SOLUCIONES INORGÁNICAS</b>
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> <div data-bbox="1052 636 1386 743"></div>	

Grupo III	Diluciones acuosas <b>MEZCLAS AGUA/DISOLVENTE</b>
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> <div data-bbox="1052 1171 1386 1278"></div>	


Grupo IV	<b>ÁCIDOS</b>
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio</p> <p>Fecha de finalización</p> <p>Observaciones:</p> <div data-bbox="1052 1686 1386 1793"></div>	


# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS


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

Escuela de Química Farmacéutica



Grupo V	BASES
<p>Departamento productor: Fecha de inicio : Fecha de finalización: Observaciones:</p> 	

Grupo VI	Sólidos ORGÁNICOS
<p>Departamento productor: Fecha de inicio : Fecha de finalización: Observaciones:</p> 	

Grupo VI	Sólidos INORGÁNICOS
<p>Departamento productor: Fecha de inicio : Fecha de finalización: Observaciones:</p> 	




# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



Grupo VI	Sólidos MATERIAL DESECHABLE CONTAMINADO
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p> 	

Grupo VII	ESPECIALES
<p>Departamento productor:</p> <p>Fecha de inicio :</p> <p>Fecha de finalización:</p> <p>Observaciones:</p>   	

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



**Anexo No.3:** Desechos viables de tratar en los laboratorios de Escuela de Química Farmacéutica.

Desechos viables de tratar en los laboratorios de la Escuela de Química Farmacéutica	
Desechos Tratables	Desechos no tratables
Ácidos Inorgánicos	Orgánicos
Bases Inorgánicas	Cianuro
Metales Pesados	Bases Nitrogenadas
	Mercurio

*Fuente:* Revisión bibliográfica y datos observacionales.

**Anexo No. 4:** clasificación de solventes orgánicos

Solventes Orgánicos Halogenados	Solventes Orgánicos No Halogenados
Si los residuos orgánicos contienen halógenos o nitrógeno, los gases deben lavarse con solución de carbonato de sodio para atrapar ácidos como el clorhídrico o nítrico que se generan durante la combustión.	Incineración directa. Dado que los productos de la combustión no contienen ácidos o sus precursores, los gases no requieren ser lavados.

*Fuente:* [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_276.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_276.pdf)



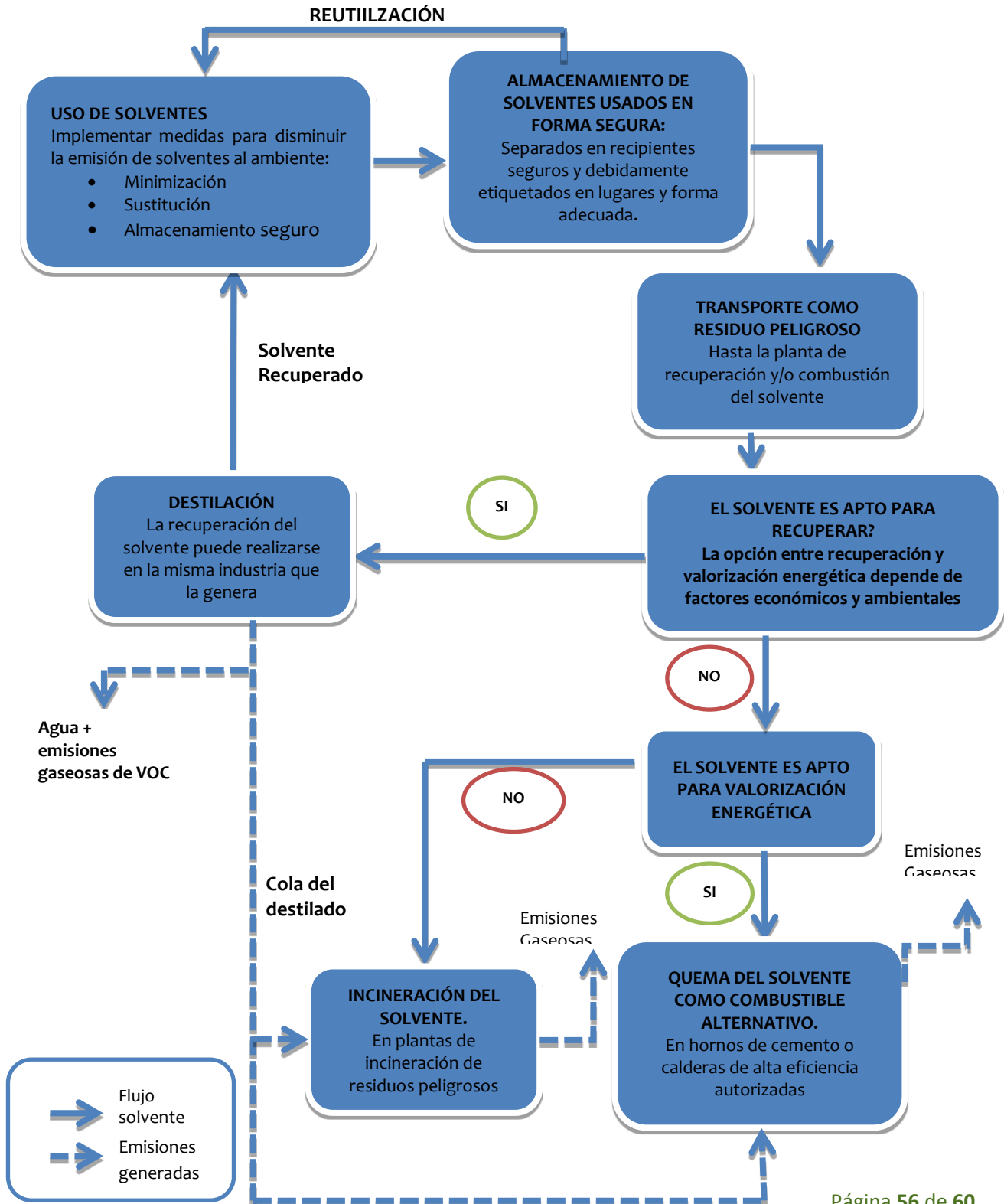
# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



## Anexo No. 5: Diagrama para la Reutilización de desechos orgánicos



# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



## Anexo No. 6: Equipo de seguridad de laboratorio.



**Guantes de seguridad.** Se fabrican en diferentes materiales (PVC, PVA, nitrilo, látex, neopreno, etc.) en función del riesgo que se pretende proteger.

Para su uso en el laboratorio, además de la necesaria resistencia mecánica a la tracción y a la perforación, es fundamental la impermeabilidad frente a los distintos productos químicos.

**Gafas de seguridad.** Protectores oculares y filtros. Protección de los ojos contra radiaciones ionizantes, riesgos eléctricos, riesgos mecánicos, trabajos en ambientes de temperatura elevada o trabajo con sustancias químicas que puedan presentar proyecciones



**Máscaras de protección y aparatos filtrantes.** Protección respiratoria contra aerosoles sólidos, líquidos y gases irritantes, peligrosos, tóxicos o radiotóxicos. Se utilizarán filtros para gases y vapores en caso de manipular compuestos volátiles de alta toxicidad.

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



**Bata.** Es obligatorio el uso de bata blanca, manga larga, para evitar cualquier tipo de proyección de la sustancia que se esté manipulando. Debe abotonarse y debe tener un largo suficiente que cubra hasta las rodillas.



**Cofia.** Ofrece protección al cabello recogiendo de manera adecuada evitando así accidentes, sobre todo si se trabaja cerca de flamas.

**Fuente:** [http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid\\_amb/manual.htm](http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid_amb/manual.htm)

# MANUAL DE GESTIÓN DE DESECHOS QUÍMICOS

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

Escuela de Química Farmacéutica



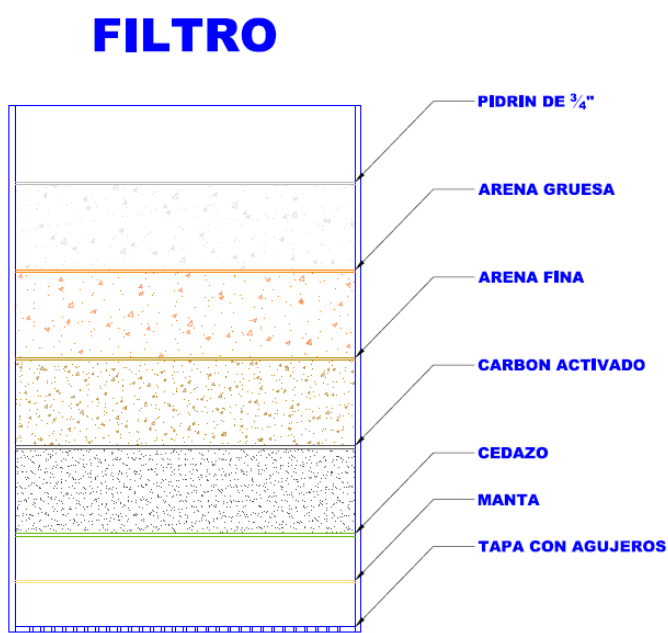
## Anexo No. 7: Procedimiento de limpieza en caso de derramamiento de sustancias químicas

Tipo de sustancia derramada	Forma de limpieza
<b>Líquidos inflamables</b>	Los líquidos inflamables deben adsorberse con carbón activo u otros adsorbentes específicos. No emplear nunca serrín, a causa de su inflamabilidad.
<b>Ácidos</b>	Los ácidos deben recogerse con la máxima rapidez, ya que tanto el contacto directo, como los vapores que se generen, pueden causar daño a las personas, instalaciones y equipos. Se pueden neutralizar con una solución de bicarbonato sódico. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.
<b>Bases</b>	Se empleará para su neutralización abundante agua con ácido clorhídrico diluido (0.1 M) o ácido sulfúrico diluido (0.1 M). Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.
<b>Mercurio</b>	Recoger con polisulfuro cálcico, amalgamantes o azufre. Si se ha depositado en ranuras, se puede intentar sellarlas con una laca fijadora; también es posible su recogida mediante aspiración con una pipeta Pasteur, guardando el metal recogido en un recipiente cerrado herméticamente. La recuperación del mercurio o la neutralización de un vertido es importante ya que de esta manera se evita un foco de contaminación permanente. La división del mercurio en pequeñas gotas aumenta su capacidad de evaporación, junto con la cercanía de focos de calor o la incidencia de luz solar.

Fuente: [http://www.uah.es/universidad/ecocampus/documentos/Guia\\_laboratorio.pdf](http://www.uah.es/universidad/ecocampus/documentos/Guia_laboratorio.pdf)  
[http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid\\_amb/manual.htm](http://campus.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid_amb/manual.htm)



**Anexo No. 8:** Modelo de filtro para filtrar el sobrenadante obtenido en las metodologías de tratamiento de desechos.



Se recomienda utilizar una cubeta plástica con una capacidad de 5 galones perforada en la parte inferior para que el área de filtrado sea amplia y el procedimiento sea más rápido. Las capas de pedrín, arena gruesa y fina deben ser como mínimo de 10 cm de altura, la porción de carbón activado deberá ser como mínimo de 5 cm de altura, homogéneamente distribuido en toda la cubeta.



---

Brenda Estefanía Miranda Morales  
Autora



---

David Alejandro Martínez Morales  
Autor



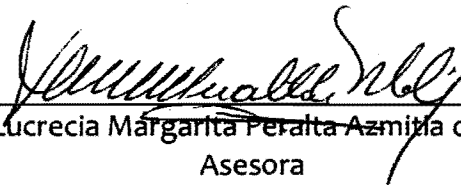
---

Hugo René Cardona Sandoval  
Autor



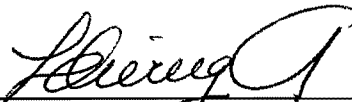
---

María Alejandra Ordóñez Mazariegos  
Autora



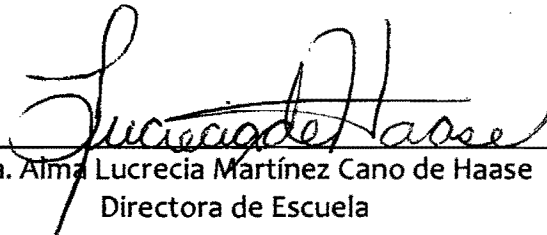
---

M.A. Lucrecia Margarita Peralta Azmitia de Madriz  
Asesora



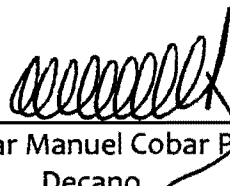
---

M.A. Lillian Raquel Irving Antillón  
Revisora



---

Licda. Alma Lucrecia Martínez Cano de Haase  
Directora de Escuela



---

Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto  
Decano