

Gestión integral de residuos químicos generados en los laboratorios de docencia en química de la Universidad del Cauca

Integral Management of Chemical Waste in Teaching Laboratories of Chemistry of the University of Cauca

Ricardo Benítez B.^{a,*}
Dalia Vanessa Ruiz G.^a
Melissa Alexandra Obando M.^a
Cristian David Miranda^b
Julio César Gil M.^c

Recepción: 03-oct-12
Aceptación: 10-dic-12

Resumen

El Comité de Gestión Integral de Sustancias y Residuos Químicos de la Universidad del Cauca CGISRQ, consciente de la generación de residuos producto de las actividades asociadas a cada disciplina y teniendo en cuenta las características de cada residuo en virtud de su toxicidad, inflamabilidad, naturaleza corrosiva y peligrosidad, presenta el Plan de Gestión de Residuos Químicos Peligrosos Generados en los Laboratorios de Enseñanza en Química de La Universidad del Cauca, siguiendo los lineamientos presentados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y dando cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 4741 de 2005.

Palabras clave: gestión de residuos, residuo químico, laboratorio de química, peligroso, medio ambiente, salud.

Abstract

The Committee for Integral Management of Chemical Substances and Wastes (CGISRQ, for its acronym in Spanish) of University of Cauca, is aware of waste generation product of the activities associated with each discipline and taking into account the characteristics of each residue by its toxicity, flammability, corrosive nature and danger, presents the Plan of Harmful Chemical Wastes Generated in Teaching Laboratories of Chemistry of the University of Cauca, following the guidelines presented by the Ministry of Environment, Housing and Territorial Development and complying with the provisions of Decree 4741 of 2005.

Key words: Waste management, Chemical waste, Chemical laboratory, Dangerous, Environment, Health.

^aDoctor en Enzimología, profesor titular Departamento de Química, Universidad del Cauca.

* Correo electrónico: rbenitez@unicauca.edu.co

^bQuímico, miembro del CGISRQ, Universidad del Cauca.

^cIngeniero químico, profesor ocasional Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad del Cauca.

1. Introducción

Toda actividad humana genera residuos que impactan o pueden impactar negativamente sobre el ambiente. Algunos de estos son considerados peligrosos, ya que poseen características que los clasifican como tóxicos, corrosivos o que dañan el medio biótico, abiótico, socioeconómico o cultural [1]. Los generadores de residuos tienen la responsabilidad de realizar las acciones necesarias para que estos residuos no ocasionen daños a su entorno.

Entre los generadores se encuentran las universidades que utilizan en sus laboratorios de enseñanza diferentes sustancias químicas con el propósito de brindar al estudiantado las bases necesarias para adquirir conocimientos adecuados en su formación profesional. Estas sustancias químicas, al ser utilizadas en las diferentes prácticas, se convierten en residuos químicos que pueden ser nocivos para el medio ambiente y la salud humana.

Por ello, la Universidad del Cauca, consciente de la generación de diferentes tipos de residuo, producto de las actividades asociadas a cada disciplina, por intermedio del Comité de Gestión Integral de Sustancias y Residuos Químicos, y en concordancia con lo estipulado en la normatividad ambiental vigente en el país, presenta en este artículo el Plan de Gestión Integral para el Manejo de Residuos Químicos Peligrosos de los Laboratorios de Docencia en Química de la Universidad del Cauca.

Dicho plan se desarrolló teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y mediante un análisis detallado de los planes de gestión de residuos de laboratorios aplicados en universidades nacionales e internacionales, como la Universidad Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Medellín, Universidad Pedagógica de Colombia, Universidad Tecnológica de Colombia, Universidad Santiago de Cali, Universidad de Costa Rica, Universidad Nacional de San Martín, Universidad de Jaén, Instituto Tecnológico de Sonora, entre otras.

El Plan de Gestión Integral para Manejo de Residuos Químicos Peligrosos, además de ser una obligación legal, busca dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 10 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, ¿por el cual se reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos ge-

nerados en el marco de la gestión integral?, y regula particularmente los aspectos de generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y eliminación de este tipo de residuos.

Para ello, este Plan tendrá los siguientes cuatro componentes:

- Componente 1. Prevención y minimización.
- Componente 2. Manejo interno ambientalmente seguro.
- Componente 3. Manejo externo ambientalmente seguro.
- Componente 4. Ejecución, seguimiento y evaluación del plan.

Este Plan tiene como fin, establecer las herramientas de gestión que permitan conocer y evaluar los residuos peligrosos (RESPEL), tipos, cantidades y las diferentes opciones de prevención y minimización, además de pretender una mejor gestión y asegurar que el manejo de estos residuos sea realizado de una manera ambientalmente razonable, procurando una mayor efectividad económica, social y ambiental [2].

2. Marco jurídico

El marco jurídico de los residuos peligrosos en Colombia, se basa principalmente en el Decreto 4741 de 2005, que tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente [3], y a todas aquellas personas que generen, gestionen o manejen residuos o desechos peligrosos dentro del territorio nacional. Dicho decreto define el desecho peligroso, como “aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos”. Además, de acuerdo con el artículo 5, los residuos o desechos incluidos en el Anexo I y Anexo II del presente decreto, se considerarán peligrosos a menos que no presenten ninguna de las características de peligrosidad descritas en el Anexo III. Estas características son las estipuladas por el Convenio de Basilea, aprobado por Colombia mediante la Ley 253 de 1996,

sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

3. Análisis de la situación actual de los residuos químicos

El análisis de la situación actual se detalla por medio de una matriz en la que se refleja el cumplimiento por parte del CGISRQ de la normatividad vigente respecto a los residuos peligrosos.

Plan de Gestión Integral de Residuos Químicos Peligrosos Generados en los Laboratorios de Docencia en Química de la Universidad del Cauca

De acuerdo con lo analizado previamente, se especifica a continuación el Plan de Gestión de Residuos Químicos de los cuatro laboratorios de docencia, que fue propuesto para el CGISRQ de la Universidad del Cauca, según los lineamientos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

3.1. Componente 1. Prevención y minimización

Para el diseño del Plan, y de manera especial para la etapa de prevención y minimización, se hizo un análisis de las características de peligrosidad en las sustancias manejadas en el laboratorio, el cual permitió prever los riesgos a la salud y al ambiente. Se actuó con apoyo en la página web DATAQUIM, que es una base de datos con información de seguridad sobre productos químicos utilizados en los laboratorios. Esta base admite almacenar, consultar, modificar e imprimir información de las fichas de seguridad y tarjetas de emergencia de la mayoría de los reactivos y sustancias que se manejan en los laboratorios del Departamento de Química.

3.1.1. Identificación de unidades generadoras de residuos peligrosos

El Departamento de Química de la Universidad del Cauca, perteneciente a la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, cuenta con cuatro laboratorios, que prestan servicios a las diferentes Facultades de la institución, con el propósito de brindar los equipos e instrumentos necesarios para la experimentación, práctica e investigación de los estudiantes. Los laboratorios de docencia en Química de la Universidad del Cauca tienen como unidades generadoras de residuos peligrosos principalmente a las Facultades de Ciencias Agropecuarias (Tecnolo-

gía en Agroindustria, Ingeniería Forestal, Ingeniería Agropecuaria, Ingeniería Agroindustrial), Ingeniería Civil (Ingeniería Ambiental) y Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación (Ingeniería Física, Química, Biología y Licenciatura en Educación Básica).

3.1.2. Clasificación e identificación de las características de peligrosidad

Los residuos químicos y peligrosos generados en los laboratorios de docencia en Química de la Universidad del Cauca, se clasifican en los siguientes grupos atendiendo sus propiedades químicas y físicas:

3.1.3. Peligrosidad de los RESPEL

Para determinar la peligrosidad de los RESPEL, se tendrán en cuenta los Anexos I, II, III del Decreto 4741 de 2005. Con este fin se chequearán los residuos peligrosos mediante la siguiente lista:

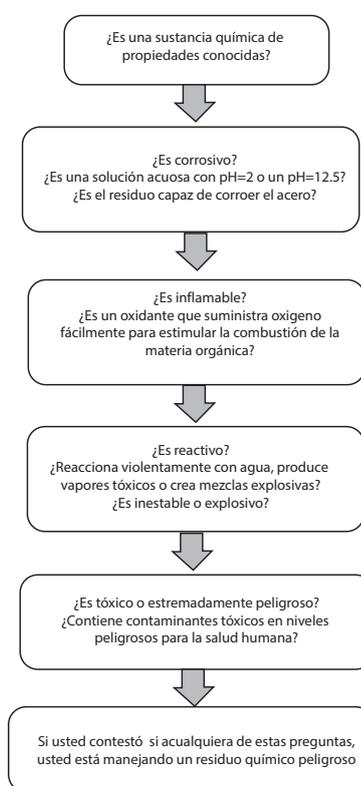


Figura 1. Lista de chequeos.

Fuente: adaptado del Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos, Universidad Nacional de Colombia (2010).

Tabla 1. Matriz de cumplimiento normativo.

Decreto	Artículos	Cumplimiento	
		Sí	No
Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005 , “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral” [4]	Artículo 5. Clasificación de los residuos o desechos peligrosos. (Anexos I, II)		X
	Artículo 6. Características que confieren a un residuo o desecho la calidad de peligroso. (Anexo III)	X	
	Artículo 7. Procedimiento mediante el cual se puede identificar si un residuo o desecho es peligroso.		X
	Artículo 8. Referencia para procedimiento de muestreo y análisis de laboratorio para determinar la peligrosidad de un residuo o desecho peligroso.	X	
	Artículo 9. De la presentación de los residuos o desechos peligrosos.	X	
	Artículo 10. Obligaciones del generador.		X
	Artículo 11. Responsabilidad del generador.	X	
	Artículo 12. Subsistencia de la responsabilidad.	X	
	Artículo 20. De los residuos o desechos peligrosos provenientes del consumo de productos o sustancias peligrosas.		X
	Artículo 27. Del registro de generadores.		X
Artículo 28. De la inscripción en el Registro de Generadores.		X	

Tabla 2. Clasificación de residuos peligrosos del CGISRQ.

Clasificación	Característica química del residuo químico
1	Solventes e hidrocarburos halogenados
2	Hidrocarburos no halogenados
3	Éteres (únicamente)
4	Solventes orgánicos (con: C, H, O, S)
5	Residuos para el aprovechamiento agroquímico. Metales (Cu, Fe, Mn, B, Mo, Co, K, Ca, Mg), sales azufradas, fosfatos.
6	Metales pesados. Metales (Al, Ba, Be, Cd, Cr, Sn, Ni, Ag, Pb, Tl, V, Pd, Pt). Semimetal (As) y No metal (Se).
7	Mercurio y sales de mercurio
8	Sustancias sólidas no biodegradables
9	Ácidos y bases (únicamente)
Especiales (Recuperables)	Etanol Ácido benzoico Capilares Hexano

3.1.4. Cuantificación de la generación

La cuantificación fue realizada por el Comité y corresponde al primer y segundo periodo de 2011. A continuación se detalla:

3.1.5. Alternativas de prevención y minimización

El concepto de minimización involucra las acciones para evitar, reducir o disminuir en su origen, la cantidad o peligrosidad de los residuos peligrosos generados. Las unidades deben considerar medidas tales como la reducción de la generación, la concentración y el reciclaje [4].

Se tuvo en cuenta el orden jerárquico para seguir en los procesos seleccionados, a fin de llevar a cabo la minimización de los residuos generados en los laboratorios de docencia en Química de la Universidad del Cauca. A continuación se muestra la jerarquía seguida:

Este orden significa que, desde el punto de vista ambiental, la mejor alternativa es la *prevención* de la generación de un residuo; en segundo lugar, si no es posible evitar su generación, se debe buscar su *minimización* (reducir, reciclar y reusar, aprovechando los materiales o la energía que contiene el residuo); en tercer lugar, se debe buscar su *tratamiento* (con

Tabla 3. Porcentaje de residuos en el primer semestre académico del año 2011.

Periodo evaluado	12 de mayo a 8 de julio de 2011 - Reportado	12 de mayo a 8 de julio de 2011 - Medido
Total de semanas evaluadas	6 semanas	6 semanas
Número de prácticas realizadas	109	109
Total de volumen de residuo recolectado	32.9 Litros	42.2 Litros
Hidrocarburos y solventes halogenados	3.9% (1.36 L)	2.5% (1.05 L)
Hidrocarburos no halogenados	1.1% (0.37 L)	1.1% (0.45 L)
Éteres	0.2% (0.07 L)	0% (0 L)
Solventes orgánicos	14.3% (5.03 L)	8.0% (3.38 L)
Aprovechamiento agroquímico	36.7% (12.9 L)	35% (14.65 L)
Metales pesados	15.4% (5.4 L)	22.5% (9.32 L)
Mercurio y sales de mercurio	0% (0 L)	0% (0 L)
Sustancias acidas, básicas y sales	28.5% (10.01 L)	30.9% (13.06L)
Sólidos	0.002 kg	0.307 kg

Fuente: Informe OPS, archivos CGISRQ (2011).

Tabla 4. Porcentaje de residuos generados en el segundo período académico de 2011.

Periodo evaluado	6 de agosto* a octubre 10 de 2011 - Reportado	6 de agosto* a 10 de octubre de 2011 - Medido
Total de semanas evaluadas	9 semanas	9 semanas
Número de prácticas realizadas	177	177
Total de volumen de residuo recolectado	61.6 L	66.17 Litros
Hidrocarburos y solventes halogenados	6.3% (3.8 L)	3.9% (2.56 L)
Hidrocarburos no halogenados	1.0% (0.6 L)	1.0% (0.25 L)
Éteres	0% (0 L)	0.4% (0.24 L)
Solventes orgánicos	6.7% (4.2 L)	7.5% (4.98 L)
Aprovechamiento agroquímico	24.3% (15 L)	21.9% (14.45 L)
Metales pesados	26.4% (16.3 L)	23.9% (15.81 L)
Mercurio y sales de mercurio	0% (0 L)	1.1% (0.75 L)
Sustancias acidas, básicas y sales	35.3% (21.7 L)	40.9% (26.98L)
Sólidos	0.013 kg	0.156 kg
Etanol	2.5 L	1.5 L
Acido benzoico	2.6 L	3.0 L
Hexano	0.1 L	0.01 L

Fuente: Informe OPS, Archivos CGISRQ (2011).

el objetivo de reducir cantidad o peligrosidad antes de su disposición final); y como última opción, la *disposición final* del residuo [2].

Se pretende implementar las siguientes estrategias establecidas en los planes de gestión expedidos por la Secretaría de Ambiente de Bogotá:



Figura 2. Jerarquía de minimización.
Fuente: tomado de MAVDT (2005).

3.2. Componente 2. Manejo ambiental interno

3.2.1. Procedimientos del manejo interno del RES-PEL

Entre los procedimientos para el manejo del RES-PEL se encuentra, en primer lugar, el pretratamiento. La Universidad del Cauca cuenta con un espacio físico adecuado para efectuar el proceso antes de ser entregado a la empresa de bioseguridad especializada contratada, que se encarga de su tratamiento y disposición final. En este lugar se lleva a cabo un proceso de neutralización a los residuos que así lo requieran. Este proceso consiste en agregar bicarbonato de sodio/carbonato de sodio, posteriormente se

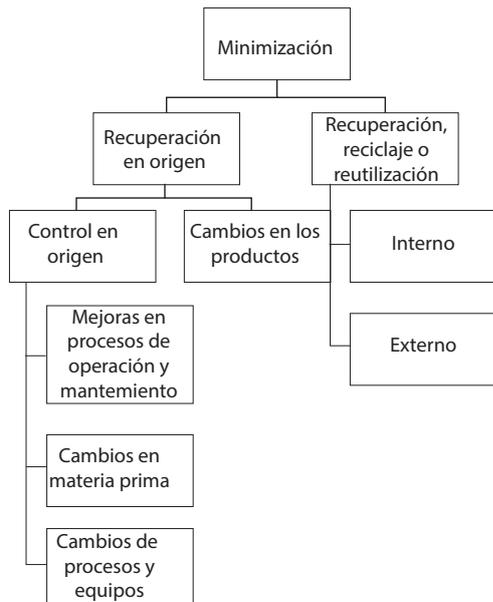


Figura 3. Alternativas de minimización.
Fuente: tomado de MAVDT (2005).

añade aserrín, logrando así minimizar la peligrosidad de los residuos al cambiar al estado sólido. El producto de la neutralización es empacado en bolsas, pesado y rotulado para entregarse a la empresa contratada como tratamiento final.

Con este documento, el Comité busca desarrollar diferentes opciones de tratamiento que sean viables y amigables con el medio ambiente.

La siguiente figura es una guía para identificar el método más adecuado para el tratamiento de residuos peligrosos, teniendo en cuenta la cantidad de agua, materia orgánica y sólidos totales presentes [5].

3.2.2. Almacenamiento

El término almacenar está relacionado con depositar o guardar productos en un sitio para ser usados, eliminados o entregados a terceros para su posterior eliminación. El riesgo originado por el almacenamiento de productos químicos no depende únicamente de la cantidad almacenada sino de la peligrosidad que esto signifique. El no tener en cuenta su peligrosidad podría aumentar el exponencial de riesgo; si el reactivo tiene más de un riesgo, se almacena según la característica de riesgo más alto. Esta información se encuentra en hojas de datos de seguridad de las sustancias químicas [6].

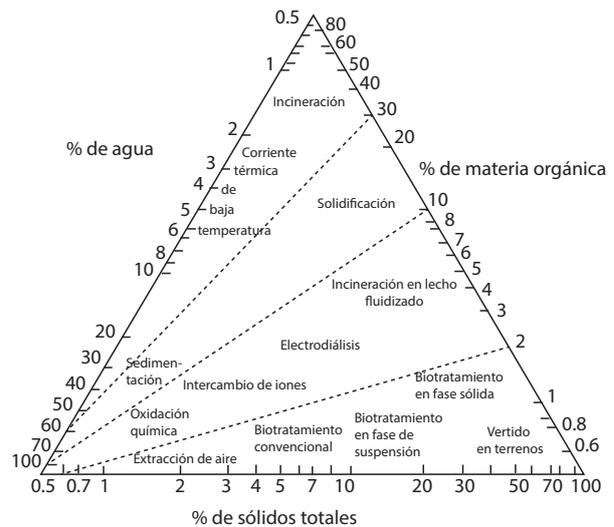


Figura 4. Características de idoneidad de los diversos métodos de tratamiento.

Fuente: Universidad de Jaén (2012).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente y buscando llevar a cabo un correcto almacenamiento de los residuos generados en los laboratorios de docencia en Química de la Universidad del Cauca, se diseñaron estrategias que permitieron la reducción de riesgos a la salud y al ambiente, considerando parámetros físicos, tales como temperatura, humedad y ventilación, además de las propiedades químicas, para prevenir cualquier eventualidad generada por el indebido contacto con otros residuos o sustancias o por la inestabilidad de los mismos. Por lo tanto, es imprescindible que se mantengan separados físicamente ciertos grupos de sustancias químicas, así como ciertas sustancias en particular.

De manera general, las sustancias corrosivas y las oxidantes no pueden almacenarse cerca de las sustancias inflamables, así como deben mantenerse separados los ácidos de los alcalinos. Por lo que se recomienda que sean utilizados gabinetes para los líquidos inflamables y otros diferentes para los ácidos. Para el caso de los solventes orgánicos, deben conservarse separados de los compuestos inorgánicos.

3.2.3. Etiquetado y envasado

Los envases originales de sustancias químicas se deben mantener con etiquetas legibles y en buenas condiciones. La etiqueta debe tener como mínimo la siguiente información:

- a. Nombre de la sustancia química

- b. Índice de peligrosidad o aviso de seguridad
- c. Característica de peligrosidad principal
- d. Distribuidor o fabricante

Los residuos químicos que se generan en laboratorios, son almacenados bajo las siguientes condiciones:

1. Se asigna y rotulan los recipientes apropiados para la separación de los residuos. El material de los recipientes para el depósito de los residuos es polietileno de alta densidad.
2. Depositar el residuo en el recipiente que corresponda.
3. Registrar en el acta de entrega del residuo generado por parte del docente y el tecnólogo de laboratorio encargado.
4. Cuando el recipiente donde se almacenan los residuos alcanza un alto porcentaje de su volumen, se cierra el envase y se revisa nuevamente su rotulación.
5. El profesional contratado se encarga de hacer la recolección para su posterior almacenamiento.

3.2.4. *Movimiento interno de los residuos químicos peligrosos*

La ruta desde los laboratorios a la caseta de almacenamiento temporal se muestra en la figura 5. La recolección se hace de manera manual, no es necesario utilizar un medio de transporte dentro de la instalación, ya que es un recorrido corto.

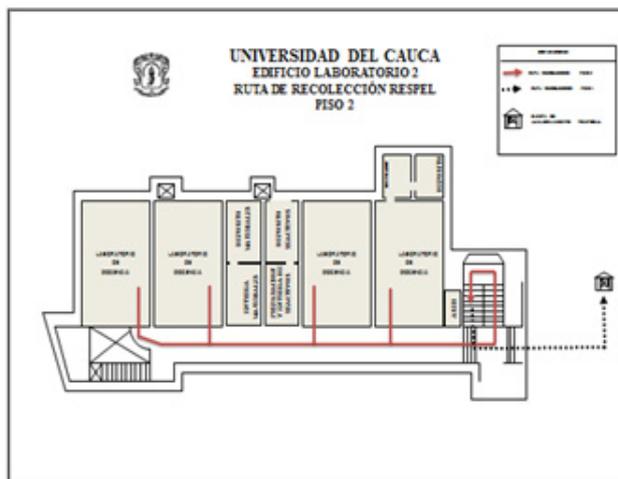


Figura 5. Ruta de Recolección RESPEL, piso 2.

3.2.5. *Plan de contingencia*

Tal como lo estipula el Decreto 4741 de 2005 en su artículo 10, literal h, los generadores deben: “contar con un plan de contingencia actualizado para atender cualquier accidente o eventualidad que se presente y contar con personal preparado para su implementación. En caso de tratarse de un derrame de estos residuos el plan de contingencia debe seguir los lineamientos del Decreto 321 de 1999 por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas Marinas, Fluviales y Lacustres o aquel que lo modifique o sustituya y para otros tipos de contingencias el plan deberá estar articulado con el plan local de emergencias del municipio” [7].

Por lo anterior, el Plan de Contingencia para el Manejo de Residuos Químicos de la Universidad del Cauca tiene el propósito de establecer un curso de acción organizado, planificado y coordinado, que debe ser seguido en caso de incendio, explosión, descargas accidentales o derrames de residuos peligrosos o sus constituyentes y que pueda poner en riesgo la salud de los trabajadores de la Universidad y de la población estudiantil. Para la elaboración de esta guía, se tuvieron en cuenta diferentes documentos, tales como: i) el Plan Nacional de Contingencia contra Derrame de Hidrocarburos Derivados y Sustancias Nocivas, ii) Guía para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y iii) las normas internacionales básicas de bioseguridad.

El Plan de Contingencia de los Laboratorios de Docencia en Química de la Universidad del Cauca para el manejo de residuos químicos, se estructuró en tres capítulos básicos: plan estratégico, plan operativo y plan informático.

3.3. **Componente III. Manejo externo ambientalmente seguro**

Los procedimientos de manejo externo de los RESPEL por la empresa de bioseguridad especial contratada por la Universidad del Cauca:

Los residuos generados en los laboratorios de docencia en Química de la Universidad del Cauca, son transportados y tratados para su disposición final por la empresa de bioseguridad especializada, ASERHI, que se encuentra localizada en el Parque Industrial

de Popayán lote 15 manzana F, en las coordenadas N 02°30' 14.2" W 076°33' 29.0" –1832. La planta cuenta con un horno incinerador donde se lleva a cabo la desactivación de los residuos.

Esta planta tiene un sistema de gestión ambiental, de salud ocupacional y seguridad industrial, que soporta la práctica del procesamiento de residuos. El horno posee la infraestructura necesaria para el control de emisiones a la atmósfera, que permite obtener indicadores por debajo de los estándares nacionales para este tipo de industria. Las características de procesamiento en general y del horno en particular, son aspectos que garantizan la calidad del medio ambiente y la salud y seguridad de sus trabajadores y de las poblaciones vecinas.

3.4. Componente IV. Ejecución, seguimiento y valoración

En este componente encontramos al personal encargado de la coordinación y operación del plan, teniendo en cuenta:

3.4.1. Perfil del profesional responsable del plan

La Universidad del Cauca, por medio del CGISRQ, es el ente encargado de las actividades sobre el manejo de los residuos químicos peligrosos generados en los laboratorios de docencia en Química. Este necesita ser apoyado por un encargado de los protocolos de transporte manual, almacenamiento y pretratamientos para su disposición final, quien debe ser un profesional que cuente con el conocimiento técnico y experiencia para atender las situaciones relacionadas con el manejo de residuos químicos peligrosos. Se sugiere que el profesional encargado del plan de manejo al interior de la institución, desarrolle las siguientes actividades:

Capacitación: dentro de la implementación del Plan, es importante la capacitación continua y permanente del personal que se vea involucrado con el manejo de residuos químicos peligrosos.

Auditoría interna: para llevar a cabo un correcto manejo de los residuos, el profesional debe ser capaz de planificar y coordinar actividades de auditoría interna, para así identificar falencias del sistema. La supervisión se realizará desde que se generan los residuos hasta su disposición final con la empresa autorizada.

Informes: El profesional debe entregar informes técnicos al CGISRQ, los cuales contendrán la gestión desarrollada por el mismo y los avances en la implementación del Plan.

Mejoramiento continuo: es importante, a partir de las auditorías internas realizadas, plantear e implementar mejoras ambientales basadas en la minimización y reutilización de residuos que permitan a la institución economizar recursos y mejorar su gestión ambiental.

En los laboratorios de docencia, el personal se enfrenta a diferentes riesgos, que se ven incrementados en aquellos donde se utilizan sustancias peligrosas de origen químico. Dichas sustancias deben ser manejadas de manera especializada, teniendo en cuenta sus características físicas y químicas, además de la adecuada gestión cuando se convierten en residuos. Así mismo es importante conocer las disposiciones legales en torno a los laboratorios de la Universidad.

El objetivo de esto es ampliar los conocimientos sobre manejo de sustancias peligrosas y seguridad en los laboratorios de docencia en Química de la alma máter, además de conocer el manejo adecuado de los residuos peligrosos de naturaleza química, que ahí se generan.

Por las anteriores razones, se han propuesto diferentes capacitaciones para el personal y estudiantado, a fin de dar a conocer los temas concernientes al manejo de residuos peligrosos. Las charlas y capacitaciones serán desarrolladas durante la implementación del Plan en mención.

3.4.2. Seguimiento, control y evaluación

Para evaluar el progreso en el desarrollo del Plan, se establecen “indicadores de desempeño ambiental” relativos al desempeño basal en el área [8]:

Indicadores

Indicadores de destinación para residuos químicos sólidos:

$$IDQ = \frac{RQS}{RTS} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

IDQ = indicadores de destinación para residuos químicos

RQS = cantidad generada de residuos químicos

RTS = cantidad total de residuos producidos por el establecimiento en kg/mes.

3.4.3. Indicadores de destinación para residuos químicos líquidos

$$IDQ = \frac{RQL}{RTL} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

IDQ = indicadores de destinación para residuos químicos líquidos

RQL = cantidad generada de residuos químicos líquidos

RTL = cantidad total de residuos producidos por el establecimiento en L/mes.

3.4.4. Porcentaje de generación de residuos peligrosos

$$GRP = \frac{RQS}{GTR} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

RQS = cantidad generada de residuos químicos sólidos

GTR = generación total de residuos

Generación total de residuos

$$GTR = GRNPS + GRPS \quad (4)$$

Donde:

$$GRNP = RBS + RR + ROI$$

$$GRPS = RI + RQS$$

GTR = generación total de residuos

GRNPS = generación de residuos no peligrosos sólidos

GRPS = generación de residuos peligrosos sólidos

RBS = residuos biodegradables sólidos

4. Conclusiones

Se generó la matriz de clasificación de residuos peligrosos, con base en el Decreto 4741 de 2005, donde fueron establecidos: los códigos de clasificación Y (actividades) y A (corrientes), características de peligrosidad (Anexos I, II, II del mencionado Decreto), mediante la identificación de fuentes de generación.

El Plan de Gestión para el Manejo de los Residuos Generados en la Universidad del Cauca, se formuló con base en la normatividad vigente del Ministerio

de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En dicho Plan se establecen las herramientas de gestión que permiten a las fuentes generadoras conocer y evaluar sus residuos peligrosos y las diferentes opciones de prevención y minimización de estos.

Se plantea un programa de capacitación con contenidos de tópicos básicos para el personal a cargo de la manipulación de los residuos, con el fin de sensibilizarse en el manejo ambientalmente seguro de los residuos químicos.

Se diseñó el Plan de Contingencia, tomando como base el Plan Nacional de Emergencia, en el cual se establecen medidas de prevención que deben seguirse por el personal que participa directa o indirectamente en el manejo de residuos, pues son ellos los afectados en situaciones de riesgo.

Se plantearon indicadores de gestión que permitirán realizar un seguimiento y evaluación para la futura implementación del Plan.

Con la realización del presente trabajo -al formular y diseñar el Plan de Gestión Integral de Residuos y al establecer medidas preventivas en el Plan de Contingencia- se logró cumplir con las obligaciones por parte de la Universidad como ente generador de residuos químicos peligrosos, estipuladas en el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca y al Comité de Gestión Integral de Sustancias y Residuos Químicos de la Universidad, por su apoyo en el desarrollo del trabajo.

Referencias

- [1] L. Bertini, Gestión de residuos generados en laboratorios de enseñanza de la Química de entidades universitarias. Argentina: Universidad Nacional de San Martín, Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, abril de 2009.
- [2] Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2005). Lineamientos generales para la elaboración de planes de gestión integral de residuos o desechos peligrosos a cargo de generadores. Bogotá. [En línea]. Disponible: http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=

- 8cf97c692bfb8688eaf05115108c7ab8&x=2775
- [3] Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2005). Decreto 4741, por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Bogotá. [En línea]. Disponible: http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_4741_301205.pdf
- [4] Uruguay, Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, (2005). Guía para la gestión integral de residuos peligrosos. Montevideo. [En línea]. Disponible: http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2010/11/gestion_r01_fundamentos.pdf
- [5] España, Universidad de Jaen (2012). Residuos tóxicos y peligrosos. Madrid. [En línea]. Disponible: http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1109168182658&idTema=1114175365337&language=
- es&pagename=ComunidadMadrid\%2FEstructura&segmento=1&sm=1
- [6] Colombia, Universidad Santiago de Cali, (2008). Manual de seguridad química. Cali. [En línea]. Disponible: [http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/Manual_Seguridad_Quimica\(2\).pdf](http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/Manual_Seguridad_Quimica(2).pdf)
- [7] Colombia, Ministerio del Interior, (1999). Decreto 321, por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas. Bogotá. [En línea]. Disponible: http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_0321_170299.pdf
- [8] Colombia, Universidad Nacional de Colombia, (2010). Plan de Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos de la Universidad Nacional sede Bogotá. [En línea]. Disponible: http://www.unalmed.edu.co/dir_laboratorios/Plan_manejo_integral_residuos_peligrosos_Unal.pdf