

Formulación de una propuesta metodológica para la gestión integral de residuos químicos peligrosos en instituciones de educación superior¹

Developing a methodology for the comprehensive management of hazardous chemical residues in higher education institutions

Recibido: 06 - 04 - 2015 Aceptado: 18-09-2015

Javier Augusto Vera Solano²

¹ Alternativas ambientales para la neutralización y eliminación de residuos químicos generados en los laboratorios de Química. Realizado entre el 11 de febrero de 2011 y 12 de diciembre de 2012. Ejecutado y financiado por la Universidad de Pamplona.

² Colombiano, Maestría en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona. Bucaramanga. Pamplona. Colombia. E-mail: javiervera@misena.edu.co

Resumen

En la Universidad de Pamplona, se formuló una propuesta metodológica para la gestión integral de los residuos químicos peligrosos con base a un plan de manejo. Para verificar el funcionamiento de la metodología, se trabajó con los laboratorios de química general, se realizó preliminarmente un diagnóstico y cuantificación total de las cantidades que allí se generaban, con el fin de poder caracterizarlos ya que esta etapa de la metodología es clave para la gestión e identificación de los residuos para su posterior tratamiento. Una vez efectuadas las primeras etapas de la metodología, se procedió a implementar los tratamientos que, disminuyeron el almacenamiento temporal de los residuos químicos, se eliminaron por medio de evaporización, encapsulamiento, y biorremediación un 35% de los residuos generados en el año 2010. Asimismo se logró que la metodología establecida se ejecutara adecuadamente, obteniéndose resultados en el mejoramiento de la segregación y caracterización de los residuos, que contribuyó a disminuir el almacenamiento sin ningún tipo de tratamiento y control en el almacén temporal, que a largo plazo podría presentar un riesgo e impacto ambiental para la institución.

Palabras clave: Residuos; segregación; generación; gestión; eliminación; registro; fijación.

Abstract

In chemical analysis laboratories a great amount of products are handled and many different operations are carried out, either for educational processes or research purposes which lead to the generation of hazardous waste. These are varied and highly complex because of the

complex matrix they are part of. Therefore they present a bigger challenge when dealing with them. The objective of this investigation was to formulate a methodological proposal for the management of hazardous chemical waste based on the University's Waste Management Plan. In order to assess the methodology's proper development, the work was done together with the general chemistry laboratories, by doing a preliminary diagnosis and quantifying the total amount of waste generated. Then we characterize it since this stage of the methodology is crucial for the management and identification of the waste for further treatment. Once the first stages of the methodology were through, we went ahead and applied the treatments which lowered the temporary storage of chemical waste, by eliminating it by evaporation, encapsulation and bioremediation by 35% of the total waste generated in 2010. We were also able to properly apply the established methodology, obtaining results in the improvement of the waste segregation and characterization, helping lower the uncontrolled storage, that it was in the temporary storage room, which did not have any kind of treatment or control. This situation presented a high risk of environmental impact for the institution in the long term.

Keywords: Waste; segregation; generation; management; disposal; record; posting.

Introducción

La Agencia de Protección Medioambiental (Environmental Protection Agency-EPA) de los Estados Unidos define los residuos peligrosos como los residuos o combinación de ellos que presentan un determinado riesgo, ya sea actual o potencial, para la salud humana o para otros organismos vivos, a causa de alguno de los cuatro motivos genéricos siguientes:

- No-degradabilidad y persistencia en el lugar de vertido.
- Posibilidad de efectos nocivos por efecto acumulativo.
- Posibilidad de sufrir transformaciones biológicas con agravamiento de sus efectos.
- Contenido elevado de componentes letales. (Environmental Protection Agency, 2014).

La agencia de protección Irlandesa en su plan nacional de manejo de residuos peligrosos, entre los años 2014 al 2020, se enfocó en cuatro objetivos para el adecuado manejo de los residuos:

- Prevenir y reducir la generación de los mismos.
- Maximizar la recogida de los residuos con el fin de disminuir los impactos.
- Luchar por una autosuficiencia en la gestión de los residuos.
- Reducir al mínimo los impactos que se generan por los residuos. (Environmental Protection Agency, 2014).

En la legislación Colombiana se define el *residuo o desecho peligroso* como aquel, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Asimismo, se consideran residuos o desechos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos (Decreto 4741/2005). A la vez se define en la legislación el termino de *generador*, que es la persona natural o jurídica que produce residuos hospitalarios y similares en desarrollo de las actividades, manejo e instalaciones relacionadas con la prestación de servicios de salud, incluidas las acciones de: promoción de la salud, prevención de la enfermedad, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación; la docencia e investigación con organismos vivos o muertos; los bioterios y laboratorios de biotecnología; los cementerios, morgues, funerarias y hornos crematorios; los consultorios, clínicas, farmacias, centros de pigmentación y/o tatuajes, laboratorios veterinarios, centros de zoonosis y zoológicos. (Decreto 2676/2006).

De ahí que las instituciones de educación superior son establecimientos generadores de desechos peligrosos que se han convertido en uno de los principales problemas para las universidades que no tienen implementado un sistema de gestión de residuos, ya que toda operación realizada con residuos peligrosos desde su generación hasta su disposición final es potencialmente generadora de impactos ambientales negativos (Benítez, 2005). Todos ellos se caracterizan en general por su variedad, composiciones muy heterogéneas y porque se suelen generar en cantidades bajas y muy variables a lo largo del tiempo. Además, en la mayoría de los casos estos residuos acostumbran presentar una toxicidad y/o una peligrosidad elevadas, lo que dificulta su gestión (Peñalver, 2000).

En la universidad de Maryland en los Estados Unidos, como en otras instituciones de nivel superior existen laboratorios que generan residuos peligrosos; para el manejo de ellos la Universidad diseño un manual el cual se enfocó en seis aspectos:

- La identificación de los residuos.
- El etiquetado o rotulado de los mismos.
- La acumulación y almacenamiento.
- Los registros y documentos de control.
- El transporte y disposición.
- La preparación de emergencias.
- La minimización de los residuos.
- El reciclaje. (University of Maryland, 2004)

Los investigadores Mecklem R y Neumann realizaron una investigación para el manejo de residuos peligrosos en las universidades de Estados Unidos encontrando en el diagnóstico adelantado con los responsables de las oficinas de salud y seguridad ocupacional. Fueron encuestadas 122 instituciones, encontrándose que el 84% de las instituciones trata los residuos de cultivo de células no infecciosas como residuos peligrosos, de igual forma el 90% de las instituciones utiliza la esterilización en autoclave como sistema de tratamiento de residuos biológicos, pero tan solo el 52% verifica su eficiencia mediante indicadores biológicos. La incineración *In Situ* es utilizada por el 42% de las universidades. (Mecklen y Neumann, 2003)

En la Universidad de Concepción se presentó un proyecto sobre sistema de gestión de sustancia y residuos peligrosos universitarios, se implementó un reglamento de manejo de residuos para todas las facultades del centro de educación, se identificó cada una de las unidades generadoras, se garantizaron la protección a la salud del personal, medio ambiente e infraestructura. (Universidad de Concepcion, 2005)

Las universidades en Colombia han solucionado la problemática de segregación y tratamiento de residuos sólidos con la formulación de planes de manejo integral de residuos y son ejemplo de ello, la Corporación Universitaria Lasallista que logró ahorrar \$18'114.772 pesos en la tasa de aseo, al disminuir el volumen de residuos para su disposición final, producir abono orgánico y vender material reciclable (Castrillon y Puerta (2012); en la Fundación Universitaria María Cano se elaboró el diagnóstico y se formuló un plan de manejo integral de residuos sólidos (Silva, 2010).

En la Universidad del Cauca se realizó una investigación sobre alternativas de segregación de residuos químicos en los laboratorios de ingeniería ambiental y sanitaria de la Institución (Mera, 2007), así como el plan de gestión de residuos hospitalarios de la Unidad de Salud de la misma institución, con el apoyo del Fondo de Investigaciones de la Universidad (FINU-UFPS). A través del grupo GIBA (2008-2009) se realizó el proyecto: "Ejecución de la primera fase del plan de manejo de los residuos líquidos y sólidos peligrosos y no peligrosos generados en la sedes de la Universidad Francisco de Paula Santander", en los Campos Elíseos ubicados en el municipio de Los Patios Norte de Santander, y en la Universidad de Pamplona se implemento el "Plan de Manejo de Residuos Peligrosos del Campus Universitario" que esta funcionando desde en el 2008.

Por las anteriores razones se hace necesario formular una metodología que tome los elementos necesarios para la elaboración de un plan de gestión integral de residuos peligrosos en instituciones de educación superior tendiente a la reducción en los costos de tratamiento y la disminución o mitigación de los impactos ambientales provocados por ellos.

La metodología que se propuso contó con una serie de etapas, que tuvieron en cuenta las normas reglamentarias propuestas para Colombia y las normas internacionales tendientes al manejo adecuado de los residuos peligrosos. Los principales objetivos que se buscaron fueron:

- Reducir los riesgos para la salud, impidiendo que los desechos infecciosos o especiales, que generalmente son fracciones pequeñas, contaminen los otros desechos generados en la institución.
- Disminuir costos, ya que sólo se dará tratamiento especial a una fracción y no a todos los desechos generados.
- Reciclar directamente algunos desechos que no requieren tratamiento ni acondicionamientos previos. (Junco, 2000)

Materiales y métodos

Para la aplicación de la metodología se establecieron 7 fases, en cada una de ellas se desarrollaron diferentes actividades de manejo integral de los residuos químicos.

En la Figura 1 se presenta la metodología utilizada para la gestión integral de los residuos peligrosos; en su

caracterización se utilizaron botellas de color de color ámbar de 2,5 litros, las cuales se rotularon de acuerdo a las líneas especificadas, en la Figura 2. Se presenta el estante utilizado para segregación de residuos químicos

La primera fase se inició con el diagnóstico del establecimiento generador, para identificar los aspectos que no presentaron conformidad con la normatividad ambiental y sanitaria vigente y establecer de esta manera los ajustes y medidas correctivas pertinentes. (Ministerio de salud. y Ministerio del medio ambiente, 2002).

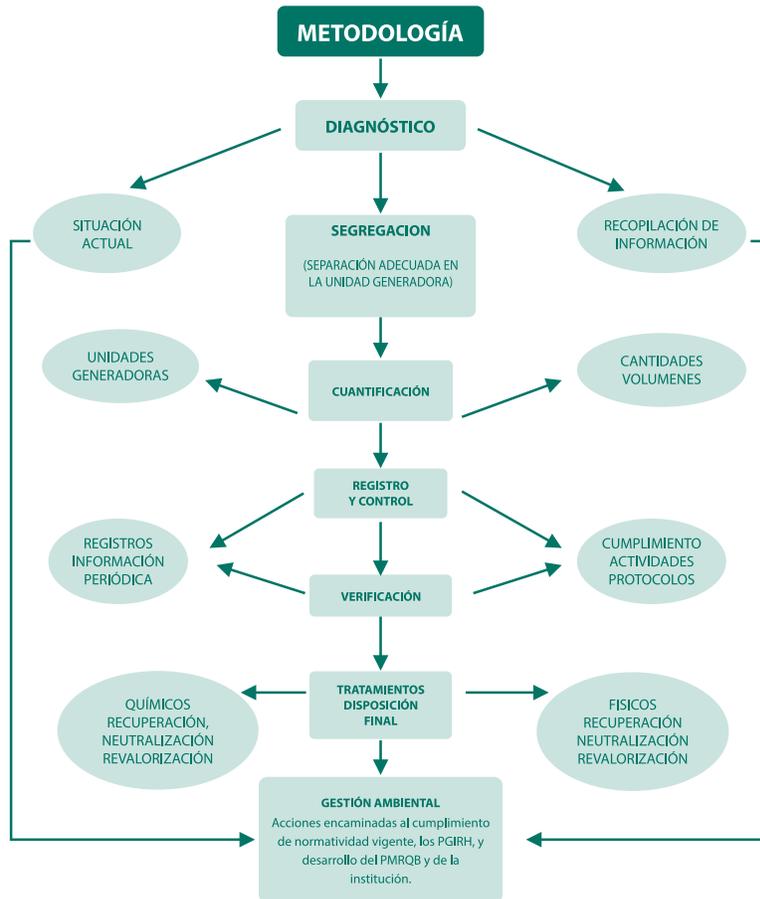


Figura 1. Metodología para la gestión integral de los residuos peligrosos
Fuente: Los autores



Figura 2. Estante para segregación de residuos químicos
Fuente. Los autores

En la implementación de la metodología para la gestión integral de los residuos peligrosos se tuvo en cuenta aspectos relevantes como:

- Normatividad y legislación.
- Implementación y procedimientos de control apropiados (normas de bioseguridad).
- Adoptar servicios adecuados para el reciclo, tratamiento y disposición de residuos peligrosos (casetas de almacenamiento temporal de residuos, recipientes, rutas de evacuación).
- Aplicación de una capacitación adecuada de operarios y personal directamente implicado en el problema.
- Condiciones de riesgo.
- Actualización de la cuantificación de residuos por unidades generadoras.

Diagnóstico

En esta etapa se describió, sin evaluarse la situación actual de la institución en cuanto al manejo de los residuos peligrosos y se estableció un método que permitió detectar problemas, necesidades e intereses en un contexto real. En ella se observó si el plan de manejo de residuos se encontraba implementado, si existió una cuantificación de los residuos, y si existían registros

Segregación o clasificación

La segregación de los residuos se realizó de acuerdo al tipo de desecho al que pertenecían según sus características.

Los residuos biológicos infecciosos se clasificaron de acuerdo a la normatividad vigente para Colombia según los Ministerio de salud y de la Protección Social y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Figura 3).

Los desechos químicos se pueden clasificar según el diagnóstico más adecuado realizado en la institución teniendo en cuenta los factores de:

- Volumen
- Periodicidad de generación
- Compatibilidad
- Características físico químicas.

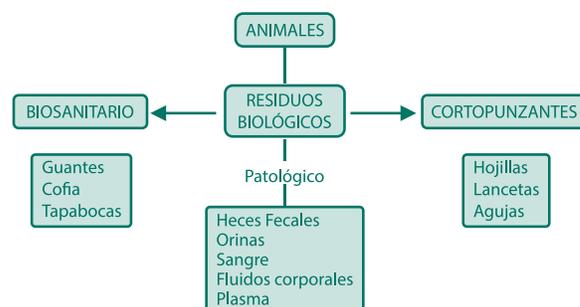


Figura 3. Clasificación de los residuos biológicos infecciosos.
Fuente: Los autores

En la figura 4 se presenta una de las clasificaciones más utilizadas.



Figura 4. Clasificación general de los residuos químicos.
Fuente: Los autores.

Cuantificación de los Residuos

Una vez que el *generador* presentó e identificó los residuos como *residuos peligrosos* generados en la instalación, se recomendó que se presentaran las cantidades generadas de cada uno de ellos. Así, se recomendó que el *generador* cuantificará los residuos y llevará registros de información sobre las cantidades generadas para posteriormente evaluar los avances en la gestión, principalmente en cuanto a la minimización de su generación.

En la información que se reportó, se incluyeron las cantidades de residuos generados en forma continua o esporádica, de manera actualizada y, se reportaron las cantidades de aquellos residuos peligrosos almacenados temporalmente en espera de ser gestionados. (MPGIR).

Según esta cuantificación la institución se pudo clasificar como gran, mediano, o pequeño *generador*. (Resolución 1362/ 2007), para que los informes, puedan ser presentados a la entidad ambiental.

Registro y Control

El registro y el control del plan de manejo se realizó por medio de formatos en donde se llevó la información

periódica del volumen de generación de residuos, de sus características, las fechas de entrada y fechas de salida, la unidad de trabajo que desechó, el tipo de residuo, la persona que entregó y la persona que recibió.

Los registros se diligenciaron claramente y con datos verdaderos, y específicos se llevó un estricto control y trazabilidad de los desechos tanto patológicos, biosanitarios, animales y químicos.

Verificación y Cumplimiento

La verificación y el cumplimiento se realizaron cuando las etapas de cuantificación, registro y control coincidieron con la salida de los desechos a su tratamiento o sitio final de disposición. Es decir si se cuantificó cierto peso o volumen de desechos; este debió coincidir con los registros y por lo tanto con el total de residuos a tratar o eliminar. La verificación se realizó con la inspección periódica de las unidades generadoras; se determinó que los residuos se clasificaron, almacenaron, rotularon y entregaron en los horarios y fechas acordadas con la supervisión de la persona o profesional a cargo del plan de manejo.

Tratamiento: Recuperación, Desactivación, Eliminación

El tratamiento dependió de las características de los residuos. Un eficiente plan de manejo de residuos debe mantener mucha claridad en la clasificación de los desechos, tener en cuenta las: características fisicoquímicas, la peligrosidad, la patogenicidad, la manipulación, recolección y almacenamiento.

Existen diversos tratamientos (físicos, químicos y biológicos) para los residuos peligrosos, entre ellos se pueden mencionar: incineración, oxidación, precipitación de metales pesados, reducción química, neutralización, pirolisis, fitorremediación, fijación, evaporación y gasificación entre muchos otros.

En Colombia la mayoría de instituciones dejan el tratamiento o disposición final de los residuos en manos de empresas especializadas en el ramo, las cuales se encargan de la recolección periódica y su transporte hasta el sitio final de neutralización o eliminación de los desechos, la mayoría de ellas utilizan el tratamiento de incineración para la sobra total de los residuos.

Gestión Ambiental

El concepto de gestión hace referencia a la acción y al efecto de gestionar o administrar; gestionar es hacer diligencias conducentes al logro de un objetivo, a concretar un proyecto ordenándolo, disponiéndolo y organizándolo.

La gestión de residuos, se encaminó a buscar los elementos que permitieron que cualquier institución universitaria pueda implementar un proyecto con el objetivo de mantener aplicada una metodología para: la recolección, transporte, procesamiento, tratamiento, reciclaje o disposición de material de desecho.

La gestión debe ser continua; no solo se debe implementar el proyecto, sino mantenerlo durante el tiempo. De la gestión dependen el óptimo desempeño de un plan de manejo de residuos, su eficiente funcionamiento interno y externo, el nivel de aceptación y percepción que pueda tener el proyecto.

De una mala gestión se desprende la ineficiencia de una metodología de trabajo; no se cumplen los objetivos; en el caso de los planes de manejo de residuos, se desmejoran las etapas: desde la segregación en las fuentes de origen, recolección, registro y control, verificación y cumplimiento, y la más importante el tratamiento disposición final.

Resultados

La metodología especificada se implementó de manera práctica en los laboratorios de química general de la Universidad de Pamplona, donde se obtuvieron resultados que permitieron optimizar el *Plan de Manejo de Residuos Químicos* en esta institución.

Cada uno de los siete pasos se ejecutó de manera sistemática y se presentaron los siguientes resultados.

Etapas de Diagnóstico

Se implementó la metodología investigación en los laboratorios (L-203, L-204, L-205) de química general de la Universidad de Pamplona, Municipio de Pamplona, Departamento de Norte de Santander, Colombia.

En el diagnóstico se observó que aunque existía un plan de manejo de residuos químicos y biológicos implementado en el primer periodo del año 2008, no se

tenía un proceso organizado en el que se cuantificarán de forma clara y precisa los residuos químicos de estos laboratorios por lo cual los datos no eran confiables, en la Tabla 1 se presenta el volumen de residuos para los años 2008 y 2009.

Tabla 1. Volumen de residuos para los años 2008 y 2009.

LABORATORIOS	CANTIDAD EN MILILITROS (mL)		
	Año 2009	Primer periodo del 2008	Segundo Periodo de 2008
Laboratorio de Química (L-205)	2319	2515	3143
Laboratorio de Química (L-204)	14721	14034,05	11626
Laboratorio de Química (L-203)	6892	8387	12876
	23932 mL	24936,05	27645,05
Total	23, 932	24,936	27,645
	litros	litros	litros

Fuente: Los Autores

Etapa de segregación

En esta etapa se ejecutó una nueva caracterización de los residuos químicos con el objetivo de poder realizar una cuantificación más exacta del volumen de residuos químicos que se generaron durante un periodo. Antes de iniciar existían catorce líneas de residuos, en las cuales se presentaba una mezcla de componentes los cuales no se podían analizar de forma clara, para aplicarles un tratamiento.

Etapa de cuantificación

Una vez realizada la nueva caracterización de los residuos químicos, según sus características fisicoquímicas y compatibilidades, se procedió a cuantificarlos durante los dos primeros semestres del año 2010, lo cual dio como resultado los datos que se presentan en la Tabla 2.

Registro y control

En el formato creado para cada una de las prácticas de laboratorio, se registró el volumen diario que se generó en cada practica efectuada en los laboratorios L-203, L-204, L-205. Cada vez que el formato se llenaba, se procedía a cambiarlo por uno nuevo y cada mes se realizaba la tabulación total de los residuos generados en ese periodo.

En la Figura 5 se presenta el formato de recolección de residuos por prácticas.

Tabla 2. Clasificación y cuantificació de residuos del 2010.

Línea	COMPONENTES	VOLUMEN (mL)
Línea 1	Residuos de ácido sulfúrico	161
Línea 2	Residuos de ácido clorhídrico	2605
Línea 3	Residuos de ácido nítrico	670
Línea 4	Residuos de ácido bórico y fosfórico	
Línea 5	Residuos de ácidos inorgánicos	74
Línea 6	Residuos de hidróxido de sodio	1785
Línea 7	Residuos de otros hidróxidos o bases inorgánicas	765
Línea 8	Residuos de sales inorgánicas (fertilizantes)	3167
Línea 9	Residuos de otras sales inorgánicas	2350
Línea 10	Residuos de nitrato de plata	155
Línea 11	Residuos de sales orgánicas, ácidos orgánicos y peróxidos orgánicos	948
Línea 12	Residuos fenoles de compuestos fenolicos	116
Línea 13	Residuos de dicromato de potasio	290
Línea 14	Residuos de cloruros de plomo	10
Línea 15	Residuos de sustancias cianuradas	195
Línea 16	Residuos de bromuro de etidio	
Línea 17	Residuos de determinación de DQO	
Línea 18	Residuos de sales y compuestos de Cr (VI), Ca, As, Hg.	70
Línea 19	Residuos de orgánicos no halogenados	2512
Línea 20	Disolventes halogenados	245
TOTAL		16308

Fuente: Los autores

FORMATO DE GENERACIÓN RESIDUOS QUÍMICOS LABORATORIOS QUÍMICA GENERAL UNIVERSIDAD DE PAMPLONA							
No.	PROFESOR	MATERIA	PRÁCTICA	FECHA	RESIDUO	CANTIDAD	LINEA

Figura 5. Formato de recolección de residuos por prácticas
Fuente. Los autores

Verificación y cumplimiento

La verificación es el resultado de comparar los volúmenes de residuos que se generaron con los registros de los residuos desechados en cada línea. A la vez se revisó el nivel de desechos químicos tratados o eliminados, para conocer el total que podrán ser almacenados y factiblemente reutilizados.

Tratamiento: Recuperación, Desactivación, Eliminación.

La determinación de los tratamientos de aplicar se tomó con base en las características químicas de los residuos, la compatibilidad de los compuestos, la toxicidad, la eco-toxicidad, la peligrosidad, el volumen de generación el nivel de degradación y el tipo de contaminación que pueden producir. Además se tuvo en cuenta que las

alternativas de eliminación y neutralización de los residuos son netamente favorables al ambiente, sin el uso de más reactivos, y gastos de energía como se presenta en la Tabla 3.

Gestión Ambiental

En la búsqueda de los elementos y recursos para la implementación de la metodología, se gestionó un nuevo sitio para el almacenamiento de recipientes con residuos químicos, ya que no existía un sitio adecuado para ello.

Así mismo se diseñaron estantes que permitieron la ubicación de los residuos según la nueva clasificación en las veinte líneas de segregación, para su fácil manejo, y reconocimiento por parte de alumnos, docentes y auxiliares de laboratorio, igualmente se procedió a la normalización de los protocolos y formatos por parte del sistema de gestión de la calidad de la institución, para el manejo de los residuos.

Tabla 3. Formato de recolección de residuos por prácticas

Línea	Evaporización	Fitorremediacion	Fijación o solidificación	Biorremediacion	Rehusó
1	X				X
2	X				X
3	X				
4	X				
5	X			X	
6	X				
7		X	X		
8		X		X	
9		X	X		

Fuente: Los autores

Discusión

La caracterización y clasificación de los residuos químicos en veinte líneas, según la Tabla 1, permitió que la segregación de estos fuera más ajustada con el fin de identificar los posibles tratamientos que se aplicarían a cada tipo de residuo. Se identifica que los residuos de sales inorgánicas (2350 mL) como cloruros de sodio y potasio, son los que presentan mayor volumen junto con los residuos de ácido clorhídrico (2605 mL) y residuos de otras sales inorgánicas.

Los residuos de bromuro de etidio y de determinación de DQO no se cuantifican en la Tabla 1 por que ellos solo se generan en los laboratorios de biología y control de calidad de agua los cuales no se incluyeron en este estudio.

Para el año 2010 no se generaron residuos de ácido bórico y ácido fosfórico, ya que en ninguna de las prácticas de laboratorio realizadas en ese periodo, se hicieron requerimientos de estos reactivos químicos.

Según la Tabla 1 el volumen de residuos que generaban en promedio por año (2008) era de 26 litros en promedio, pero no era un volumen completamente acertado ya que no se realizaba la segregación de los residuos y su caracterización adecuadamente. Para el año 2009 solo se encontró información donde el volumen era de 23 litros.

Al aplicar la metodología se pudo constatar que el volumen exacto de residuos generados en los dos primeros semestres del año 2010 era de un promedio aproximado de 16.38 litros, porque se lleva un registro verificable de los residuos.

Para los distintos tratamientos se realizaron pruebas analíticas y de absorción atómica, para verificar el contenido y componentes de las líneas a tratar con el fin de detectar que no existieran componentes o trazas de residuos altamente contaminantes.

Con el tratamiento de evaporación durante el año del 2010 se eliminó un total de 17 320 mL lo que equivale a 17,32 litros de residuos químicos como sales inorgánicas, residuos de otras sales inorgánicas, residuos de nitrato de plata residuos de otros hidróxidos o bases inorgánicas, residuos de ácido nítrico y residuos de hidróxido de sodio.

La gestión ambiental en el manejo de residuos sin importar su origen, es esencial, ya que de ella se desprende la ejecución de cualquier metodología para esta investigación. Esta etapa se realizó con la ayuda de la coordinación de

laboratorios de la Universidad de Pamplona, y así se gestionó todo lo relacionado con los análisis de los residuos, la adjudicación de un sitio para el almacenamiento, los laboratorios para la segregación, los implementos para la eliminación y en general todo lo relacionado con el manejo integral de los residuos químicos.

Conclusiones

- Es esencial destacar que del diagnóstico inicial de los residuos, se ramifica el resto de la metodología, la cual se diseña teniendo en cuenta la normatividad vigente y otras metodologías.
- La etapa de segregación y caracterización es determinante, para las acciones de disminución del volumen de generación, en los laboratorios pues de la acertada aplicación de ella, depende en gran parte el buen funcionamiento de la metodología.
- Una vez aplicada la etapa de tratamiento se estableció que las sales inorgánicas que se generaron, en los laboratorios, por medio de un análisis adecuado pueden eliminarse de forma controlada mediante tratamientos de fitorremediación y evaporación. Los ácidos sulfúrico y clorhídrico pueden ser reusados nuevamente; los residuos de otros hidróxidos, y otras sales inorgánicas pueden ser tratadas por encapsulamiento o fijación en matriz sólida, demostrando que estos tratamientos son favorables con el medio ambiente, reduciendo el uso de más reactivos, vertimiento en desagües y aumento en la cantidad de almacenamiento.
- El incremento en la producción de residuos químicos en general supone un problema para su gestión, esto se agrava por la escasa participación de los docentes, alumnos y auxiliares en la segregación adecuada de los mismos.
- Existen numerosas metodologías que informan sobre la gestión integral de los residuos químicos, pero pocas demuestran que funcionan con resultados y esta investigación contribuye en este campo.
- La aplicación práctica de la metodología es permisible de emplear por su sencillez, y su contribución a disminuir el volumen de generación de residuos químicos y la aparición de impactos ambientales y riesgos a la salud.

Referencias

- Benítez, Mónica E. (2005). *Guía para el Manejo de Residuos Químicos en el laboratorio*. Universidad Nacional de Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas (Argentina).
- Castrillón Quintana, O.; Puerta Echeverri, S. (2012). Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la. *Revista lasallista de Investigación*, 15-21.
- Decreto 4741/2005. *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*, Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Recuperado de http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20Peligrosos/Decreto_4741_2005_Respel.pdf
- Environmental Protection Agency. (2014). *Environmental Protection Agency*. (I. Environmental Protection Agency, Ed.) Recuperado el 27 de Julio de 2015, de http://www.epa.ie/pubs/reports/waste/haz/NHWM_Plan.pdf
- Junco, Díaz Raquel (2000). *Desechos Hospitalarios: Aspectos Metodológicos de su Manejo*. Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología. Habana.
- Mera, Adriana (2007). Alternativa para la segregación de residuos químicos generados en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad del Cauca. *Revista Producción + limpia Colombia*. 2(1), 66.
- Mecklem RL., Neumann CM. Defining and managing biohazardous waste in U.S. research-oriented universities: a survey of environmental health and safety professionals. *J Environ Health*. 2003, 66 (1): 17-22.
- Ministerio de salud. y Ministerio del medio ambiente. *Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia*. MPGIRH (2002). Colombia. Recuperado de <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/manuales/PGIRH%20MinAmbiente.pdf>
- Peñalver, Díaz Natalia. (2000). *Manual de Gestión de Residuos Especiales de la Universidad de Barcelona*. Publicaciones Universidad de Barcelona. Barcelona.
- Resolución 1362 de 2007. Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. República de Colombia. *Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos*, a que hacen referencia los artículos 27° y 28° del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26921/res+1362+de+2007.pdf/949da989-6c58-4c82-9ed2-5d5d40782d81>.
- Silva, Sandra (2010). *Diagnostico plan de Manejo de manejo integral de residuos sólidos*. Fundación Universitaria María Cano. Medellín. Pág. 29.
- Universidad de Concepción. (2005). *Reglamento de Manejo de residuos sólidos*. Recuperado el 27 de Julio de 2015, de <http://www2.udec.cl/contraloria/docs/aadministrativo/reglamentomanejoresiduos peligrosos.pdf>.
- University of Maryland. (2004). *Environmental Safety*. Recuperado el 26 de Julio de 2015, de <https://www.des.umd.edu/compliance/factsheet/hazwaste.html>