

**DISEÑAR PROPUESTAS PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE RESIDUOS QUIMICOS
EN LOS LABORATORIOS DE LAS ASIGNATURAS FARMACOTECNIA II, ANALISIS
QUIMICO Y CONTROL FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO
DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

JHONNER ARLEY GUTIÉRREZ PINTO

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
MAYO 2018**

**DISEÑAR PROPUESTAS PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE RESIDUOS QUIMICOS
EN LOS LABORATORIOS DE LAS ASIGNATURAS FARMACOTECNIA II, ANALISIS
QUIMICO Y CONTROL FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO
DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

JHONNER ARLEY GUTIÉRREZ PINTO

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Ingeniería Industrial

**Directora del proyecto
ALEJANDRA PEREZ CESPEDES**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
MAYO 2018**

Contenido	pág.
RESUMEN.....	
INTRODUCCIÓN.....	
1 CAPÍTULO I. Definición del Problema	16
1.1 Contexto del Problema.....	16
1.2 Análisis y Justificación.....	16
1.3 Formulación del Problema	19
2 CAPITULO II. Objetivos.....	20
2.1 Objetivo del Proyecto	20
2.2 Objetivos Específicos	20
3 CAPÍTULO III. Marco de Referencia	21
3.1 Antecedentes o Estudios Previos.....	21
3.2 Marco Teórico.....	24
4 CAPÍTULO IV. Metodología.....	27
4.1 Descripción área de estudio.....	27
4.2 Diagnostico actual de los residuos genreados en los laboratorios de la FCN ...	28
4.2.1 Recolección de información	28
4.2.2 Toma de datos	28
4.3 Clasificación de los residuos químicos generados en la universidad Icesi.....	28
4.4 Recolección de los residuos químicos generados en los laboratorios	29
4.5 Diagnóstico	29
4.6 Transporte y almacenamiento temporal de residuos químicos	30
4.7 Recolección guías de laboratorio	31
4.8 Acciones para la reducción de los residuos químicos.....	31
5 CAPÍTULO V. Resultados y Discusión	32
5.1 Diagnostico actual de los residuos quimicos generados en los laboratorio de la FCN.....	32
5.1.1 Recolección de la información.....	32
5.1.2 Toma de datos	37
5.2 Clasificación del residuo químico generado.....	39

5.3	Recolección de los residuos químicos generados en los laboratorios.....	41
5.4	Diagnostico actual periodo 2017_II.....	42
5.5	Transporte y almacenamiento de los residuos químicos.....	50
5.6	Recolección de guías de laboratorio.....	51
5.7	Acciones para la reduccion de los residuos químicos	56
5.7.1	Procedimientos para el tratamiento de residuos	56
5.7.2	Tratamiento de algunos residuos generados en los laboratorios	57
5.8	Propuestas para la disminuciónde residuos químicos producidos en los laboratorios de docencia.....	60
5.8.1	Elaboración de procedimientos para desactivación.....	60
5.8.2	Implementación de prácticas a partir de residuos químicos	61
5.8.3	Modificación de guías de laboratorio	61
5.8.4	Cambio de reactivos contaminantes.....	63
5.8.5	Creación de un laboratorio para el tratamiento de residuos químicos....	65
5.8.6	Clasificación adecuada de residuos.....	67
5.9	Conclusiones.....	71
5.10	Recomendaciones.....	73
	REFERENCIAS.....	74

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Ishikawa, análisis de causas en el tratamiento de residuos químicos de la Universidad Icesi.....	18
Figura 2. Jerarquía en la Gestión de Residuos.....	26
Figura 3. Metodología para el diagnóstico y propuestas para la reducción de residuos químicos.....	30
Figura 4. Proceso de generación de residuos químicos en la Universidad Icesi.....	33
Figura 5. Cantidad de prácticas realizadas en el semestre 2017_II por asignatura.....	39
Figura 6. Residuos químicos generados de acuerdo con el semestre académico.....	43
Figura 7. Cantidad de RESPEL producidos en el semestre por asignaturas.....	44
Figura 8. Cantidad de residuos químicos producidos de acuerdo con su clasificación.....	45
Figura 9. Cantidad de envases solicitados por programa académico.....	46
Figura 10. Número de envases solicitados de acuerdo a la asignatura.....	47
Figura 11. Cantidad de desechos producidos en el semestre en las áreas de docencia e investigación, almacén y LIQ.....	48
Figura 12. Seguridad durante la práctica mencionada en cada una de las guías de laboratorio.....	52
Figura 13. Disminución de residuos peligrosos si se realiza el tratamiento de estos.....	56

Figura 14. Procesos para el manejo de residuos químicos.....	59
Figura 15. Alternativas de prevención y minimización de residuos químicos.....	64
Figura 16. Esquema del lugar para el tratamiento y almacenamiento de residuos químicos.....	66
Figura 17. Señales y signos de acuerdo con la norma técnica colombiana higiene y seguridad.....	67

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de residuos peligrosos de acuerdo con la NTP 480.....	29
Tabla 2. Clasificación de residuos usada en la Universidad Icesi.....	36
Tabla 3. Residuos producidos en las prácticas de laboratorio en el mes de abril de 2014.....	36
Tabla 4. Número de prácticas programadas para el semestre 2017_II.....	37
Tabla 5. Residuos químicos generados en los laboratorios de la FCN en el semestre 2017_II.....	42
Tabla 6. Cantidad de RESPEL producidos en los laboratorios de tercer y sexto semestre.....	43
Tabla 7. Costos finales del tratamiento de residuos químicos.....	49
Tabla 8. Cantidad de guías evaluadas por curso y resultados obtenidos.....	51
Tabla 9. Reducción de RESPEL del laboratorio de análisis químico.....	54
Tabla 10. Reducción de RESPEL del laboratorio de control fisicoquímico y microbiológico.....	54
Tabla 11. Reducción de RESPEL del laboratorio de farmacotecnia II.....	55
Tabla 12. Forma correcta de segregar los residuos.....	68

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Glosario de términos usados en este trabajo.....	77
Anexo 2. Tipo de envase para almacenamiento de residuos químicos en laboratorios.....	78
Anexo 3. Etiqueta de residuos peligrosos en universidad Icesi.....	78
Anexo 4. Listado de fuentes generadoras de residuos químicos de acuerdo con programa académico que ofrece la asignatura.....	79
Anexo 5. Recolección de información en cada una de las prácticas desarrolladas en la FCN en el periodo 2017_II.....	81
Anexo 6. Manual para revisión de guías de laboratorio universidad Icesi.....	82
Anexo 7. Número de prácticas desarrolladas por cada asignatura.....	83
Anexo 8. Procedimiento operativo estandarizado de soluciones que contienen nitrato de plata.....	85

Agradecimientos

A Dios que fue mi guía, a mis padres y hermano que sin ellos no hubiese sido posible obtener este logro, a la Universidad, a mi directora de tesis Alejandra Pérez por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia y motivación me guió para culminar este trabajo, a los docentes, compañeros de trabajo, soma, y amigos que formaron parte del programa de estudio por brindarnos experiencias y conocimientos.

Gracias a la coordinación de laboratorios, docentes, auxiliares docentes y estudiantes de los laboratorios de la Facultad de Ciencias quienes me colaboraron con el desarrollo de cada uno de los procesos para el desarrollo del trabajo.

RESUMEN

La Universidad Icesi cuenta con un plan integral de manejo de residuos peligrosos, sin embargo, hasta la fecha no se ha realizado un estudio en que se indique la cantidad de residuos que se están produciendo en cada área de la universidad, ya sea los laboratorios de docencia, investigación, almacén de reactivos o del laboratorio de instrumentación química. Los reactivos químicos que se emplean para las prácticas de laboratorios de las facultades de ciencias naturales, medicina e ingeniería, pueden ocasionar problemas sobre la salud del personal que se encuentra expuesto si no son clasificados, tratados y almacenados correctamente, además pueden inducir posibles problemas ambientales por su vertimiento por el desagüe y generan costos en el tratamiento final para la universidad.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un diagnóstico desde la generación hasta el almacenamiento final de los residuos químicos generados en los laboratorios, evaluándose el estado actual de los laboratorios de docencia en la Universidad Icesi, con el fin de elaborar propuestas de mejora y plantear posibles soluciones debido al incremento en los costos que estos están provocando. La metodología planteada consistió en el diagnóstico, la cuantificación, la caracterización por tipo y volumen, propuestas que conlleven a la minimización de los residuos químicos generados en cumplimiento a la normatividad nacional vigente y a la norma NTP 480.

Durante el periodo académico 2017_II, se realizó un diagnóstico de la gestión de residuos químicos de la Universidad Icesi en los laboratorios de docencia, los resultados de esta investigación mostraron debilidades en el tratamiento de residuos puesto que un 100% se estaban enviando a tratamiento mediante una empresa tercera, evidenciándose la inexistencia de procedimientos para la recuperación, tratamiento o reutilización de los residuos. Durante este semestre la cantidad de residuos peligrosos (RESPEL) fue de 2614.94 Kg, siendo el 38.21% del área de docencia, 4.03% del almacén de laboratorios y del Laboratorio de Instrumentación Química y el 57.76% de área de investigación, los cuales generaron un costo que la universidad debe asumir de \$29.564.266 de pesos colombianos.

Con el fin de disminuir los costos y promover una cultura ambiental en el campus universitario, se escogieron los tres laboratorios que más generaron desechos durante el 2017_II y se desarrollaron propuestas que contribuyeron a la minimización de estos, incluyéndose la implementación de tratamientos que disminuyan el almacenamiento temporal de residuos, el uso de varios tipos de pre-tratamientos como la evaporación, precipitación, neutralización, filtración, la sustitución de sustancias por otras menos contaminantes, el uso de sustancias generadas en el tratamiento para la

implementación de nuevas prácticas, entre otras, reduciendo finalmente el 77,78 % equivalente a 390,83 kg de RESPEL para estos tres laboratorios.

Palabras claves: residuos químicos, clasificación, disposición final, tratamiento, costos.

ABSTRACT

Icesi University has a comprehensive plan for hazardous waste management, however, to date there has not been a study that indicates the amount of waste that is being produced in each area of the university, be it the laboratories of teaching, research, reagent store or chemical instrumentation laboratory. The chemical reagents that are used for the laboratory practices of the faculties of natural sciences, medicine and engineering, can cause problems on the health of personnel who are exposed if they are not classified, treated and stored correctly, they can also induce possible environmental problems for its discharge by the drain and generate costs in the final treatment for the university.

The objective of this work is to develop a diagnosis from the generation to the final storage of the chemical residues generated in the laboratories, evaluating the current state of the teaching laboratories at the Icesi University, to elaborate proposals for improvement and raise workable solutions due to the increase in costs that these are causing. The proposed methodology consisted of diagnosis, quantification, characterization by type and volume, proposals that lead to the minimization of chemical waste generated in compliance with current national regulations and the NTP 480 standard.

During the academic period 2017_II, a diagnosis was made of the chemical waste management of the Icesi University in the teaching laboratories, the results of this research showed weaknesses in the treatment of waste since 100% were being sent to treatment through a third company, evidencing the lack of procedures for the recovery, treatment or reuse of waste. During this semester the amount of hazardous waste (RESPEL) was 2614.94 Kg, being 38.21% of the teaching area, 4.03% of the laboratory warehouse and the Chemical Instrumentation Laboratory and 57.76% of the research area, which generated a cost that the university must assume of \$ 29,564,266 of Colombian pesos.

To reduce costs and promote an environmental culture on the university campus, the three laboratories that generated the most waste during 2017_II were chosen and proposals were developed that contributed to the minimization of these, including the implementation of treatments that reduce storage. temporary waste, the use of several types of pre-treatments such as evaporation, precipitation, neutralization, filtration, the substitution of substances for other less polluting, the use of substances generated in the treatment for the implementation of new practices, among others, finally reducing the 77,78 % equivalent to 390,83 kg of RESPEL for these three laboratories.

Keywords: Chemical waste, sorting, final disposition, treatment, costs.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Icesi es una universidad privada (sin ánimo de lucro) de Colombia, se encuentra ubicada en la ciudad de Cali, el campus cuenta con 98.035 metros cuadrados y se compone de 13 edificios, en seis de los cuales se encuentran ubicadas aulas dotadas con equipos de última tecnología y aire acondicionado para el óptimo desarrollo de las actividades académicas y de investigación. Uno de ellos el Edificio L, se encuentra dotado con laboratorios claves para las carreras de medicina, química, biología y química farmacéutica.

La universidad Icesi cuenta con un plan integral de manejo de residuos químicos, sin embargo no se ha realizado una cuantificación por tipo y volumen de los residuos generados en el área de docencia al que pertenecen los laboratorios de pregrado y al área de investigación (jóvenes investigadores y estudiantes de maestría), viéndose afectado por los altos costos asociados al tratamiento por parte de un tercero además de los impactos negativos que estos pueden ocasionar al medio ambiente y los riesgos para la salud del personal que se encuentra expuesto como son los estudiantes, profesores, auxiliares docentes, visitantes, entre otros.

El ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo Territorial reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos en el marco de la gestión integral en el Decreto 4741 de (2005) en donde define como residuo o desecho peligroso (RESPEL) aquel objeto, material, sustancia, elemento o producto que por sus características corrosivas, reactivas, tóxicas, explosivas, infecciosas, inflamables o radiactivas pueden generar algún tipo de riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo se puede considerar como RESPEL los envases de almacenamiento, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. Entre los generadores de RESPEL se encuentran las industrias que desarrollan actividades industriales, la minería, la agricultura y los servicios medios, sin embargo, las instituciones de educación superior han venido incrementando su participación en la generación de residuos químicos (Vera, 2015), los cuales se han convertido en uno de los principales problemas para las universidades que no tienen implementado un plan de gestión de residuos peligrosos desde su generación hasta su disposición final (Benitez et al., 2005), la causa de estos problemas es debido a que por su gran variedad y porque suelen generarse en bajas cantidades, sin embargo por esto no se pueden depreciar. Otras instituciones que han venido en crecimiento de desechos peligrosos son las instituciones educativas, (Kihampa & Hellar-Kihampa, 2015) realizó una evaluación preliminar de las prácticas de gestión de residuos en once laboratorios de instituciones educativas y de investigación en Dar es Salaam, Tanzania, en donde se observaron procedimientos inadecuados en el tratamiento de residuos como mala

rotulación (72.3%), falta de un plan de recolección adecuado (75.0%) y la falta de registros sobre las cantidades de residuos (55.8%).

En los países desarrollados de Europa y América del norte se ha venido cuestionando la cantidad de residuos químicos que se generan en sus universidades y cada día son más conscientes de esta realidad, en países España se cuenta con normatividades para la gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación los cuales se especifican en la NTP 480, por su parte en Estados Unidos se cuentan con procedimientos y metodologías basadas en el tratamiento de residuos industriales. Las universidades latinoamericanas, poseen una gran variedad en cuanto al manejo de residuos químicas, algunas de ellas carecen de estos planes y otras lo han venido implementado (Bertini & Cicerone, 2009).

En algunas universidades de Brasil, se ha venido evaluando el tipo de residuo que se generando en estas instituciones, ya que a mediados de la década de 1990 hasta el 2011 no se ha adoptado una práctica encaminada a la reducción y el tratamiento de residuos producidos en las actividades de laboratorios, sin embargo también se quieren enfocar en la concientización y en el entrenamiento del factor humano, pues si se continúan incrementando estos desechos pueden provocar impactos ambientales negativos (Cardoso, Bozelli, & Esteves, 2011). En países como Chile, Argentina y Perú se han venido implementando planes para el tratamiento de residuos químicos, este es el caso de (Estrada, 2011). quien estudio los factores que intervienen en el tratamiento y dispersión final de los residuos tóxicos que se producían en los laboratorios de química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en este proyecto se propusieron métodos de tratamiento de los residuos que permitieron minimizar la peligrosidad y toxicidad con el fin de disminuir el impacto de estos en el medio ambiente.

En el caso particular de las universidades colombianas, durante los últimos años ha surgido una gran preocupación con respecto a los residuos peligrosos generados en las instituciones de educación superior, algunas de estas como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Cauca, la Universidad de Nariño, la Universidad de Pamplona, la Universidad de Antioquia y la Universidad Pontificia Bolivariana, han tratado de implementar y desarrollar metodologías para la segregación de residuos y posterior envió a otras empresas para su respectivo tratamiento (Ardila & Mejía, 2012).

La Universidad Icesi a la fecha no cuenta con un diagnostico que permita proponer o tomar acciones sobre el manejo integral de los residuos químicos que se están generando en los laboratorios de química, química farmacéutica, medicina, ingeniería industrial e ingeniería bioquímica, los cuales día a día generan un incremento económico que la universidad debe asumir semestralmente por la disposición final que estos representan, además la universidad, de acuerdo con la legislación colombiana

vigente de aplicación, debe gestionar adecuadamente cada uno de los residuos producidos.

Este trabajo tiene como objeto conocer las cantidades y el tipo de residuos que se están presentando en los laboratorios de docencia e investigación, elaborando un diagnóstico y estudios que incluyan la manipulación, segregación, clasificación, recolección, etiquetado, transporte, almacenamiento temporal y disposición final, para finalmente presentar propuestas para el manejo de los RESPEL producidos en los laboratorios de docencia, esto se realiza con el fin de reducir los costos asociados al tratamiento por una empresa tercera y contribuyendo a la disminución del riesgo para el medio ambiente. El desarrollo de este proyecto de investigación se justifica en la reducción de costos asociados al tratamiento final de los residuos químicos siendo cercanos a \$30.000.000 de pesos por semestre, además de contribuir con una correcta gestión de los residuos peligrosos, mejorando las condiciones de trabajo en el laboratorio mientras se cumple con la normatividad ambiental vigente.

Se espera que este proyecto, sirva como impulso y modelo para el manejo adecuado de los residuos en los laboratorios y contribuya en la gestión de residuos peligrosos producidos en los laboratorios de docencia e investigación, además puede ser de utilidad en los nuevos programas académicos u otras dependencias de la universidad en donde tenga aplicabilidad el proyecto.

CAPÍTULO I. Definición del Problema

1.1. Contexto del Problema

La Universidad Icesi no cuenta con un estudio documentado que investigue la tasa de producción de la cantidad de residuos generados en las prácticas de docencia e investigación, ni los procedimientos que permitan la reducción de residuos químicos que se generan en los laboratorios de química, química farmacéutica, biología, medicina e ingeniería bioquímica, lo que puede llevar a ocasionar impactos sobre la salud de las personas, siempre y cuando no sean manipuladas correctamente. Cada día la universidad sigue en crecimiento tanto en el número de alumnos como en los programas académicos que se ofertan, notándose en los últimos periodos académicos un incremento de residuos químicos generados en las prácticas de laboratorio. Varias universidades colombianas como la Universidad de Antioquia, Universidad del Cauca, Universidad de Nariño y la Universidad nacional han intentado implementar y desarrollar metodologías basadas en la separación de residuos químicos y posterior envío a otras empresas para su respectivo tratamiento (Ardila & Mejía, 2012). Por su parte la Universidad Icesi cuenta con una metodología de separación de residuos de acuerdo con la gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación NTP 480 (NTP480, 1998); sin embargo, no se ha realizado un estudio en donde se considere la cantidad de desechos químicos que se producen en los laboratorios de docencia e investigación, con el fin de conocer que se está produciendo y así reducir esta cantidad. Debido a esto se pretende desarrollar un diagnóstico que permita establecer las condiciones actuales en la institución analizando y cuantificando las cantidades que se están generando en cada una de las prácticas, esto con el fin de caracterizarlos y de acuerdo con los resultados obtenidos desarrollar propuestas que conlleven a reducir la cantidad de residuos contaminantes y de esta manera se disminuirán los costos en el tratamiento final siendo más amigables con el medio ambiente.

1.1 Análisis y Justificación

Durante los últimos periodos académicos se han venido incrementando la cantidad de residuos químicos generados en los laboratorios de la facultad de ciencias naturales (FCN). En el año 2016 se registró un promedio de residuos químicos de 122,09 Kilogramos (Kg)/mes, lo que generó costos en el tratamiento de desechos por un valor promedio de \$1'426.716 pesos mensuales afectándose de esta manera la parte financiera de la universidad; sin embargo a largo plazo este valor se incrementará, además de ocasionar una de las formas de contaminación ambiental que puede presentarse en la lixiviación de sustancias y la subsiguiente contaminación de las aguas

superficiales y subterráneas, especialmente en el caso de residuos químicos líquidos (Kihampa & Hellar-Kihampa, 2015) siendo este el más generado en la universidad.

De acuerdo con la literatura la mayoría de los residuos químicos producidos en los laboratorios se encuentran en estado líquido, mientras que sustancias gaseosas y sólidas se encuentran en menor proporción, las cuales dependiendo de sus características pueden ser más contaminantes que otras, sin embargo, gran parte de estas pueden ingresar en la cadena alimentaria y acumularse o persistir en el medio ambiente durante mucho tiempo, mientras que otras en determinadas cantidades pueden ser nocivas y solo deben utilizarse cuando sus riesgos puedan controlarse adecuadamente. El impacto que estas sustancias pueden causar depende del grado de toxicidad en primera instancia y, en segundo lugar, el grado de concentración suficiente que conlleve a tener efectos nocivos a mediano y largo plazo en los sistemas abióticos, como bióticos (Ruiz Aguilar, Fernández Sánchez, & Rodríguez Vázquez, 2001). Por otro lado, en la página sobre sustancias químicas liderada por el Gobierno de Canadá se menciona que “algunas personas pueden mostrar mayor vulnerabilidad a la exposición a sustancias químicas debido a su fisiología, hábitos, situación geográfica o su entorno de vida o trabajo. Entre las personas vulnerables se encuentran los niños, las mujeres embarazadas y las personas mayores” (Canadá, 2009).

El crecimiento en la cantidad de residuos químicos genera costos en el tratamiento; en los últimos cuatro semestres se ha notado un aumento considerable en este rublo. Para representar el problema a analizar se usó el diagrama de Ishikawa conocido como espina de pescado para determinar las causas principales de la generación de residuos químicos. El problema planteado fue: el incremento de residuos químicos. Los factores causales fueron: conciencia ambientalista, personal, tecnología, factor económico y almacenamiento. Considerando que estos factores son los más relevantes para el cumplimiento del objetivo general que se busca con este proyecto., posteriormente se realizó la lluvia de ideas para poder determinar la causa raíz del problema. (Figura 1).

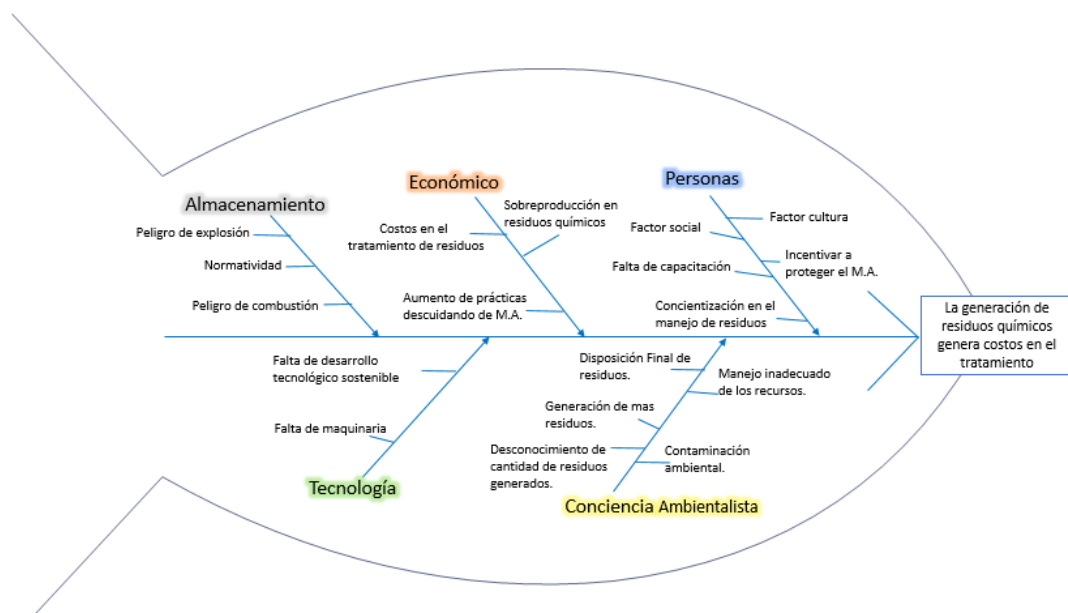


Figura 1. Diagrama de Ishikawa, análisis de causas en el tratamiento de residuos químicos de la Universidad Icesi.

Fuente: Autor

Debido a estos impactos ambientales que se pueden ocasionar, especialmente con los residuos líquidos (generados en mayor proporción), muchas industrias y universidades se han dado a la tarea de desarrollar metodologías para su separación con el fin de realizar un plan integrado de gestión, que conlleve a usar la mínima cantidad de residuos contaminantes.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente y el planteamiento del problema que se presentó en una reunión junto con la coordinación de laboratorios, auxiliares docentes y SOMA (Salud Ocupacional y Medio Ambiente) sobre el elevado costo en los tratamientos de residuos por un tercero, la Universidad Icesi quiere disminuir los costos asociados al tratamiento final, para ello se requiere desarrollar un análisis, caracterizando y cuantificando las cantidades generadas en los distintos laboratorios de docencia, con el fin de realizar propuestas para reducir las cantidades de desechos químicos, lo que conlleva a mermar los costos del tratamiento final, puesto que se brindara tratamiento especial a los desechos que realmente lo requieren (Vera, 2015).

1.2 Formulación del Problema

La cantidad de residuos químicos producidos en los laboratorios de docencia e investigación de química, química farmacéutica, medicina, biología e ingeniería bioquímica, están creando altos costos en el tratamiento final, además de poder

ocasionar problemas ambientales y de salud a mediano y largo plazo si no son tratados adecuadamente, un ejemplo de ello es un reactivo muy usado que contiene bajo contenido de azida sódica la cual puede reaccionar con tuberías produciéndose compuestos explosivos. Durante los últimos años la cantidad de desechos químicos en la universidad ha venido creciendo, para el año 2015 los costos en el tratamiento de residuos estuvo cercano a los \$ 1.045.616 pesos/mes, sin embargo la cantidad de residuos químicos generados en el 2016 para el área de docencia e investigación estuvo cercano a los 1.200 Kg/año, con un costo de tratamiento y envasado de aproximadamente \$ 1.645.301 pesos/mes, sin tener en cuenta costos por personal, almacenaje, almacenamiento temporal y movimientos. Estos costos se podrían reducir si se contara con un plan de tratamiento de residuos que sea implementado en la universidad, minimizándose de esta manera la cantidad de RESPEL enviados a disposición final.

2 CAPITULO II. Objetivos

2.1 Objetivo del Proyecto

Diseñar propuestas de mejora en los laboratorios de docencia de la facultad de ciencias naturales de la universidad Icesi desde su generación hasta el almacenamiento.

2.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar la cantidad de residuos químicos en las áreas de docencia e investigación.
- Caracterizar por tipo y volumen los residuos generados en los laboratorios de docencia.
- Definir procedimientos de desactivación de residuos y una disposición adecuada para los residuos químicos.
- Construir propuestas que promuevan la disminución en la cantidad de residuos químicos.

3 CAPÍTULO III. Marco de Referencia

3.1 Antecedentes o Estudios Previos

Las universidades son instituciones que presentan problemas específicos vinculados a la generación de residuos químicos y desechos altamente peligrosos para el medio ambiente, puesto que en estos lugares diariamente se están produciendo una amplia variedad de desechos químicos (Mooney, 2004). La búsqueda de soluciones para prevenir el impacto ambiental en estas instituciones enfrenta varios desafíos como los menciona (Carlos et al., 2012) los cuales consisten en la existencia de normativas estatales confusas y en algunos casos contradictorias, 2) la necesidad de cambio en cuanto a la conducta y al consumo y finalmente 3) la descentralización de una estructura organizacional que lidere de forma conjunta temas de medio ambiente y salud ocupacional.

Varios autores han realizado búsquedas acerca del manejo de residuos químicos en distintas universidades (Bertini & Cicerone, 2009) realizaron la búsqueda de un plan de gestión de residuos de laboratorio en universidades de Estados Unidos, España, Francia, Italia, Alemania, Reino Unido, México, Chile, Brasil, Uruguay, Venezuela y de Argentina, en donde se observó que en cada país existen distintas situaciones, en el caso de Norte América los planes de gestión integral de residuos peligrosos son bien detallados en cuanto a procedimientos y metodologías que son similares al caso de residuos industriales, por su parte las universidades europeas se basan en las normatividades de residuos peligrosos en sus países (Riascos & Tupaz, 2015).

En España se cuenta con normatividades definidas para el tratamiento de residuos, este se conoce como: “La gestión de los residuos en los laboratorios universitarios y de investigación” dadas por el Ministerio de trabajo y asuntos sociales España (NTP 480). Esta norma se encamina a cómo deben ser seleccionados, manipulados, clasificados, recolectados, transportados y almacenados los residuos químicos desde el mismo momento de la producción hasta su entrega a la empresa gestora, es decir, el camino que han de seguir dentro de la entidad productora (NTP480, 1998)

Las universidades de Sur América, poseen una alta variedad en cuanto al tratamiento de residuos, un ejemplo es la Universidad Federal de Rio de Janeiro, la cual realizó un estudio sobre la generación de residuos químicos en un laboratorio de limnología, este laboratorio se dedica a realizar análisis fisicoquímicos a aguas, sedimentos o plantas acuáticas de varios ecosistemas brasileros; entre los análisis se destacan la determinación de fósforo total, extracciones, Kjeldahl, fijación de muestras, entre otros. Debido a que se estaban vertiendo gran cantidad de agentes contaminantes se desarrolló un procedimiento para tratar los residuos generados mediante técnicas sencillas como la neutralización y la precipitación, lo que conllevó a eliminar gran parte

de los desechos líquidos, pero tal vez, lo más importante fue que gran parte de los compuestos obtenidos son utilizados en sus laboratorios, por ejemplo el etanol recuperado es utilizado para limpieza, algunos precipitados con metales son usados en síntesis orgánica, los sólidos filtrados que no se pueden utilizar son llevados a incineración exceptuando los que contienen mercurio que son los únicos que se envían a tratamiento industrial por ser un residuo de clase I (Cardoso et al., 2011).

En las instituciones colombianas, universidades como: la Universidad de Antioquia (U. de A.), la Universidad del Cauca (Unicauca) y la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), han tratado de implementar y desarrollar metodologías para la separación de residuos y envió a otras empresas para su tratamiento final; sin embargo, en estas instituciones “no se realiza un seguimiento a los residuos desde su generación hasta su entrega a la empresa gestora o simplemente no se realiza ningún pre-tratamiento por parte del mismo generador” (Ardila & Mejía, 2012). Durante el 2013, la Universidad de Caldas creó un plan de gestión de residuos peligrosos basándose en el cumplimiento del Decreto 4741 de 2005, que reglamenta la prevención y el manejo de residuos o desechos generados; el objetivo principal fue disminuir la cantidad de residuos peligrosos generados en los laboratorios de la universidad, para ello inicialmente se identificó las fuentes, se clasificó, caracterizó, cuantificó y finalmente se desarrollaron algunas actividades para lograr cumplir su meta, entre las que se destacaron la evaluación de las prácticas académicas e investigativas en cuanto al uso de cantidades necesarias, la capacitación a personal y cambio de sustancias contaminantes (Ramírez, 2013)

Por otra parte, en las universidades del Valle del Cauca, la Universidad Autónoma de Occidente describe en el documento “Guías de manejo de residuos químicos” la gestión de residuos químicos peligrosos generados en la universidad con el fin de minimizar los efectos de las sustancias peligrosas y residuos peligrosos sobre el medio ambiente. En este documento se relaciona la clasificación, envase, etiquetado, rotulado de productos químicos de forma adecuada y su entrega para la disposición final (Trujillo, 2011). La Universidad Santiago de Cali desde el 2006 adquirió un compromiso con el medio ambiente y hoy en día se continúa con el plan de gestión desde la Dirección general de laboratorios como parte activa del Comité Ambiental de la USC, pues se contribuye permanentemente a la mitigación de cada impacto que se genera con residuos resultantes de las actividades académicas, investigativas y de extensión en los distintos programas académicos. El objetivo principal es caracterizar los residuos en busca de mitigar o minimizar la contaminación, para poder desarrollar este objetivo se han planteado algunos objetivos específicos como por ejemplo la actualización de las guías de laboratorio en página web, adecuación de espacios de laboratorios, sustitución de reactivos vencidos, diseño de software de laboratorio modernización de laboratorios, entre otros (Univesidad Santiago de Cali, 2017).

La Universidad Icesi, no contaba con un plan de gestión de residuos químicos, hasta que en el 2017 se implementó por parte de SOMA la clasificación de residuos químicos de acuerdo con la NTP 480, en donde los residuos generados se clasifican en 7 grupos dependiendo de sus características (ver tabla 1), se envasan de acuerdo con su estado ya sean sólidos o líquidos (Anexo 2), se etiquetan y se identifican (ver anexo 3) para llevar a su almacenamiento temporal. Proyectando el incremento de residuos químicos que se generan cada día en las prácticas de laboratorio, la profesora Ph.D. Ruby Lizeth Pérez evaluó las guías de laboratorio de química orgánica I, con el fin de reducir el impacto ambiental con el aumento de residuos, para ello, implementó un procedimiento de separación y pre-tratamiento en las guías de esta asignatura. Sin embargo, la universidad cuenta con 41 laboratorios de programas académicos en la FCN (ver anexo 4) de los cuales durante el segundo semestre del 2017 se desarrollaron 741 prácticas.

De acuerdo con lo mencionado por (Carlos et al., 2012), se puede plantear un análisis de gestión de desechos químicos de acuerdo con las sustancias y actividades de docencia e investigación, efectuando inventarios de desechos químicos y realizando sesiones de trabajo con los funcionarios encargados de los residuos químicos en la Universidad Icesi, con esto se podría tener un diagnóstico de la cantidad de residuos que se producen en investigación y docencia. Al conocer el volumen de residuos generados se debe realizar un estudio de las actividades ejecutadas en el centro productor, de este estudio se extrae una relación de residuos generados en todas las actividades y una estimación de cantidades. A partir de los datos obtenidos y teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los residuos y las posibles reacciones de incompatibilidad se contará con una correcta clasificación para posteriormente ser almacenados.

Con el fin de disminuir la cantidad de residuos generados, se puede evaluar cada una de las guías de laboratorios para determinar que residuos pueden ser tratados en la universidad como lo desarrollo la profesora Lizeth Pérez con las guías de química orgánica I, en las cuales se identificaron los residuos producidos y se implementó una clasificación adecuada de acuerdo con la experiencia de la docente en cada una de las guías de laboratorio. Para el posible tratamiento de algunas sustancias se puede basar en lo mencionado por (Cardoso et al., 2011), en donde la mayoría de residuos obtenidos fueron tratados con técnicas básicas como la neutralización, precipitación y separación, en la cual, parte de compuestos pueden ser recuperados y reutilizados en otros laboratorios de docencia e investigación; por su parte aquellos que no se puedan usar se les desarrollaría su debido tratamiento final, reduciendo de esta manera algunos costos asociados con el tratamiento de residuos químicos.

3.2 Marco Teórico

En este capítulo, se retoman algunos conceptos y relaciones expuestas en el planteamiento del problema: Tratamiento de residuos, Peligrosidad o riesgo de los residuos químicos, sistema de manejo de residuos, plan de manejo de residuos peligrosos, generación, acumulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición, realizando una revisión de lo propuesto por diversos autores al respecto, con el fin de conectarlos al desarrollo del problema.

Antes de los años 90' no se tenía una conciencia sobre el impacto que generan los residuos químicos al medio ambiente, durante este periodo los residuos producidos en los laboratorios eran vertidos por el desagüe sin tener en cuenta el gran perjuicio que este podría generar a largo plazo. Algunos contaminantes o solventes orgánicos no se trataban de depositar por el vertedero, no porque se pensará en el medio ambiente, si no, porque las tuberías del acueducto en la gran mayoría de países están hechas de policloruro de vinilo (PVC) y estos solventes podrían deteriorarlas con el tiempo, además de considerar que las fracciones arrojadas eran muy pequeñas y no debían ser separadas y almacenadas para su posterior tratamiento. Sin embargo durante la década del 90“muchos laboratorios de docencia e investigación de las instituciones universitarias fueron catalogadas como uno de los mayores generadores de residuos químicos, y aunque el volumen que se produce es inferior al que proviene del sector industrial, se ha considerado como un problema de gran magnitud” (Ruiz Aguilar et al., 2001), puesto que el impacto que estas sustancias pueden causar debido a su concentración y naturaleza química pueden conllevar a tener efectos nocivos a mediano y largo plazo (Ruiz Aguilar et al., 2001).

Un correcto sistema de manejo de residuos químicos incluye algunas etapas, entre estas se encuentran la generación, acumulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición (Carlos et al., 2012). La Universidad Icesi hoy cuenta con un plan de gestión de residuos peligrosos desarrollado en el 2017 por parte de SOMA, sin embargo, las etapas mencionadas anteriormente se están viendo afectadas debido a la cantidad de residuos que se siguen produciendo. De acuerdo con la generación de residuos peligrosos la legislación colombiana lo define como “aquel residuo o desecho, que, por sus características corrosivas, explosivas, irritante, inflamables, tóxicas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente, también se consideran residuo o desecho peligroso los envases que hayan estado en contacto con ello” (Decreto 4741, 2005).

Según (Decreto 27001, 2017) de Costa Rica, la acumulación es un proceso en el cual los recipientes son llenados para coleccionar los residuos producidos, esta se debe desarrollar lo más cerca posible a la producción de los residuos para garantizar la seguridad y condiciones adecuadas para los trabajadores, estudiantes y profesores. El

almacenamiento es la siguiente fase, esta consiste en conservar los desechos debidamente almacenados, segregados de acuerdo con su clasificación (características químicas) para su posterior tratamiento o disposición final. El almacenamiento se debe llevar a cabo en un lugar externo al de generación normalmente en una bodega autorizada, además debe cumplir algunas normativas de acuerdo con el 4741 de 2005, como por ejemplo no se deben almacenar los residuos durante un periodo máximo de un año calendario, además de “no superar nunca los 3785 litros (1000 galones) almacenados de un mismo tipo de desecho peligroso” (Decreto 27001, 2017). La siguiente etapa consiste en el tratamiento de residuos, este “es un método, técnica o proceso, designado a cambiar las características físicas, químicas o biológicas de manera que se produzca un desecho no peligroso o menos peligroso para su almacenaje, transporte o disposición final” (Decreto 27001, 2017) y finalmente la etapa de disposición final “se refiere a la inyección, deposición, descarga o lanzamiento de cualquier desecho (previamente tratado), esta disposición se debe realizar de manera que el desecho que entra al ambiente no va a generar ningún problema al medio ambiente” (Decreto 27001, 2017).

Las etapas mencionadas por (Carlos et al., 2012), no se contemplan a totalidad en las instituciones colombianas, es el caso de universidades como: la Universidad de Antioquia (UA), la Universidad del Cauca (Unicauca) y la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), en donde se ha tratado de implementar y desarrollar metodologías para la separación de residuos y posterior envío a otras empresas para su tratamiento final; sin embargo en estas instituciones “no se realiza un seguimiento a los residuos desde su generación hasta su entrega a la empresa gestora o simplemente no se realiza ningún pre-tratamiento por parte del mismo generador” (Ardila & Mejía, 2012).

Para el manejo de los residuos químicos, se ha insistido significativamente en la toma de decisiones e iniciando estrategias a nivel local y nacional en los últimos años, y se le conoce como jerarquía del manejo de residuos, esta jerarquía posee un orden de preferencia para promover la reducción de los desechos (Martínez, 2005). La figura 2 representa el sistema de jerarquía en la gestión de residuos, los cuales se componen de cuatro principios fundamentales entre los que se encuentran: evitar, reducir, reutilizar, valorizar, tratar y disponer (Rodríguez, 2012).

El primer principio consiste en la prevención y minimización de residuos, este consiste en prevenir que se generen residuos desde el inicio, es una etapa dirigida primordialmente a la autogestión y su único fin es no generar o minimizar la cantidad de desechos a producir (Carlos et al., 2012). El segundo principio (Reutilizar y

valorizar) de acuerdo con lo mencionado por (Martínez, 2005) involucra el reuso y la recuperación de materiales, el cual para la universidad consistiría en la recuperación y reutilización de solventes, alcoholes, entre otros, con el fin de reutilizarlos en otras prácticas de laboratorio. El principal objetivo de este proceso consiste en extender el uso del “residuo químico”, al disminuir la necesidad de emplear nuevos solventes para producir nuevos contaminantes.

El tercer principio consiste en reducir la cantidad del desecho generado, en este proceso es fundamental utilizar procesos que sean amigables con el medio ambiente y con metas que ayuden a disminuir el peligro y la cantidad de los residuos químicos (Martínez, 2005). Finalmente, como última alternativa que se debe tomar se presenta en el cuarto principio y consiste en la disposición final de los residuos; en esta etapa la cantidad de residuos debe ser mínima y su depósito final debe incorporar aspectos económicos, tecnológicos, además de contar con la aprobación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Carlos et al., 2012).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, cada uno de los principios de la gestión de residuos debe ser evaluado detalladamente con cada uno de los laboratorios de docencia, con el fin de diagnosticar en donde se está fallando y de esta manera buscar posibles soluciones para la reducción de residuos. Como se mencionó en el primer principio, se debe analizar la prevención o reducción de los residuos químicos generados, sin embargo; cada día continúan incrementándose, obligando a buscar respuestas en los siguientes principios.

Una vez se establezcan las posibles causas, se evaluaría la opción de implementar las propuestas de mejora en el plan de gestión de residuos, lográndose beneficiar el área de docencia e implementándose en investigación; contribuyendo de esta manera la minimización de residuos químicos producidos en la Universidad Icesi.



Figura 2. Jerarquía en la Gestión de Residuos.

Fuente: (Rodríguez, 2012).

4. CAPÍTULO IV. Metodología

El proyecto se efectuó en los laboratorios de química de la Universidad Icesi, la metodología que se utilizó fue de tipo cuantitativo descriptivo, ya que se registró información en cuanto al número de laboratorios por semestre, la cantidad y tipo de residuo generado en cada una de las prácticas académicas del semestre 2017_II, además de cuantificar la cantidad de residuos producidos en el área de investigación (Ramírez, 2013).

Por las anteriores razones se hizo necesario formular una metodología que se basó en el enfoque cuantitativo e investigación aplicada, pues se planteó resolver un problema cotidiano de los residuos que se producen en los laboratorios de química, utilizando conocimientos adquiridos por el interés en la aplicación, utilización y consecuencias de los conocimientos (Estrada, 2011). (Dzul, 2013) menciona como surge el enfoque cuantitativo desde los siglos XVIII y XIX en el proceso de consolidación del capitalismo, “basándose en la recolección y análisis de datos para contestar preguntas investigativas y de esta manera probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer patrones de comportamiento y probar teorías”.

4.1. Descripción área de estudio

Como se mencionó anteriormente el proyecto se llevará a cabo en la Universidad Icesi (Imagen 1) ubicada en la ciudad de Santiago de Cali a $3^{\circ} 26'13''$ norte, $76^{\circ} 31'20''$ oeste. Los laboratorios del área de estudio se encuentran ubicados en el bloque L (Fundación Valle del Lili), este edificio consta de 5 pisos entre los que se encuentra, un almacén de materiales, un almacén de reactivos, un auditorio, una enfermería, oficinas, áreas de investigación de la facultad de biología, salud, química y química farmacéutica, entre otros, además de 11 laboratorios identificados con los números: 101, 102, 104, 201, 202, 203, 204, 206, 304, 305 y 406, como principales generadores de residuos químicos en la universidad (Imagen 2).



Imagen 1. Universidad Icesi.
Fuente: <https://www.icesi.edu.co>

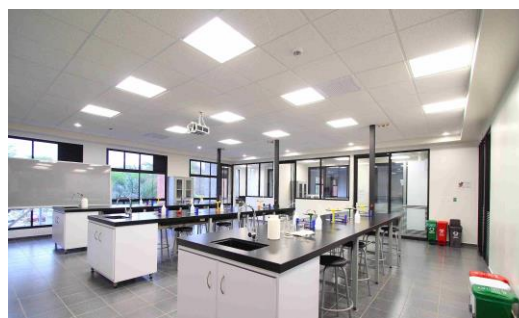


Imagen 2. Laboratorio de química 204L.
Fuente: Autor

En los laboratorios se llevan a cabo prácticas de las asignaturas de Análisis instrumental, fisicoquímica, análisis químico, química orgánica, química general, bioquímica, enzimología química inorgánica, control fisicoquímico y microbiológico, fitoquímica, farmacotecnia, farmacia industrial, cosmética, biofarmacia, toxicología, nutrición, biotecnología, biología celular, microbiología, botánica, fisiología animal, biología general, biología celular, genética, fisiología vegetal, microbiología médica, microbiología industrial, biocatálisis.

Para el desarrollo de esta investigación se proponen los siguientes pasos metodológicos:

4.2. Diagnostico actual de los residuos químicos generados en los laboratorios de la FCN.

4.2.1. Recolección de información

Se realizó una visita de inspección a todos los laboratorios de química en la Universidad Icesi durante el semestre 2017_II, con el fin de evidenciar los procesos de generación, acumulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición de los residuos químicos.

4.2.2. Toma de datos

En cada una de las 746 prácticas de laboratorio que se desarrollaron durante el segundo semestre del 2017, se pesaron, segregaron y catalogaron cada uno de los residuos generados en base a la clasificación de residuos peligrosos de la NTP 480, con el fin de caracterizar y cuantificar la cantidad de residuos generados en el área de docencia.

4.3. Clasificación de los residuos químicos producidos en la Universidad Icesi

Los residuos químicos generados en las practicas académicas del semestre 2017_II se clasificaron de acuerdo con la NTP 480, esta categorización fue puesta en marcha por SOMA desde el primer semestre del 2017 con el fin de contar con una misma clasificación dentro de la institución. De acuerdo con la NTP 480 “la clasificación se realizó orientada a la posterior gestión de los residuos por un tratador autorizado”. De acuerdo con lo anterior se expusieron los siguientes grupos de clasificación de residuos peligrosos (ver tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de residuos peligrosos de acuerdo con la NTP 480.

Grupo	Clasificación
Grupo I	Disolventes halogenados
Grupo II	Disolventes no halogenados
Grupo III	Disoluciones acuosas
Grupo IV	Ácidos y Bases
Grupo V	Aceites
Grupo VI	Sólidos
Grupo VII	Especiales

4.4. Recolección de los residuos químicos generados en los laboratorios de química.

El docente y los auxiliares docentes son los encargados de asesorar a los estudiantes en la adecuada segregación de los residuos que se generan en cada una de las prácticas de laboratorio. Al finalizar la práctica, el auxiliar docente registra los siguientes datos:

- Fecha
- Número de estudiantes
- Asignatura
- Código de la práctica
- Nombre del docente

Posteriormente se evaluó el tipo de residuos y se cuantificó el volumen generado, reportándose la información obtenida en la tabla de residuos generados que se realizó en Microsoft Excel 2013 (anexo 5).

4.5. Diagnostico

En esta etapa se describió sin evaluarse la situación actual de la Universidad Icesi en cuanto al manejo de los residuos químicos, con el fin de establecer un método que permitiera detectar problemas y necesidades. Aquí se verificó si la universidad cuenta con un plan de manejo de residuos, si se está implementado y si existe una cuantificación de residuos con sus registros correspondientes (Vera, 2015).

La figura 3 representa la metodología que se efectuó para determinar el tipo y volumen de los residuos contaminantes generados durante el semestre 2017_II en la FCN.

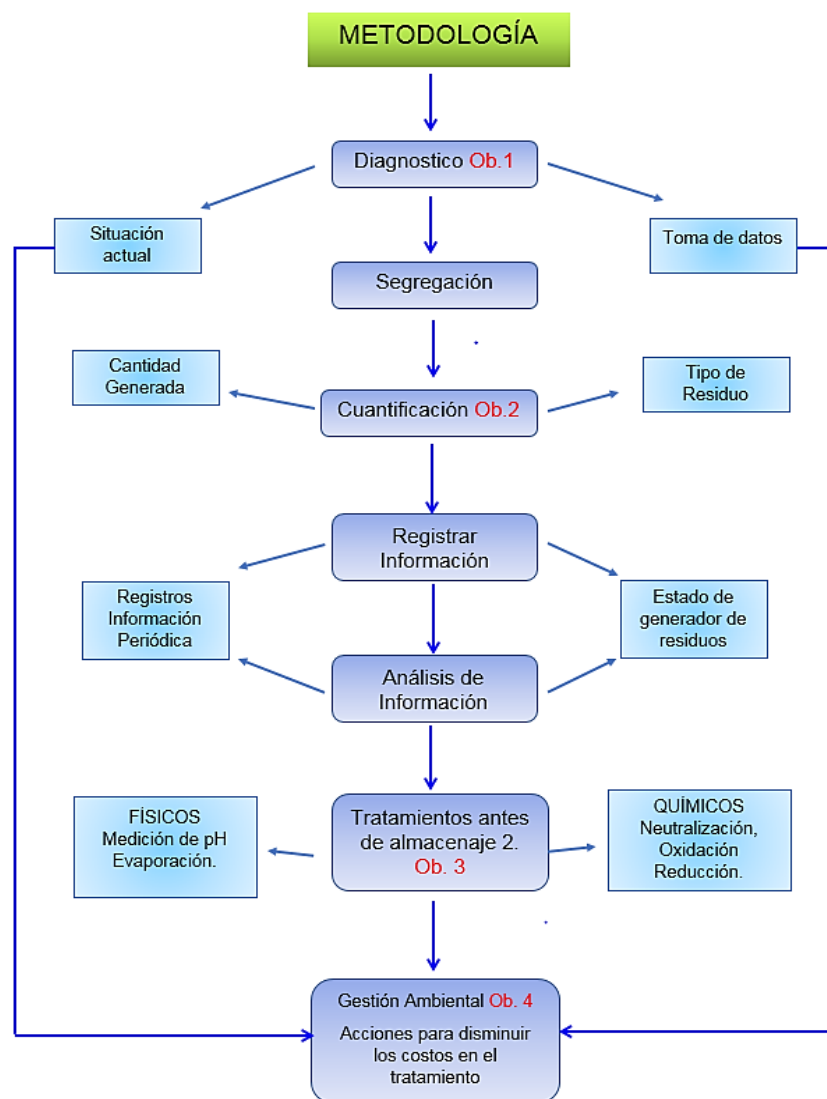


Figura 3. Metodología para el diagnóstico y propuestas para la reducción de residuos químicos.

Adaptado de (Vera, 2015).

Fuente: Autor

4.6. Transporte y almacenamiento temporal de residuos químicos

A medida que las practica finalizaron, los residuos químicos se almacenaron en envases plásticos tanto para los residuos líquidos como sólidos, los cuales albergan una capacidad de 19 litros, 3,8 litros y 1,2 kg respectivamente (Anexo 2), se pesaron y se ubicaron dentro de un lugar adecuado en cada uno de los laboratorios, preferiblemente en las cabinas extractoras. De acuerdo con la Norma NTC 480 desde el momento de la generación de residuo hasta el momento que es recogido por la empresa que va a

realizar la disposición final es responsabilidad del generador realizar un correcto almacenamiento.

Para el almacenamiento temporal de los RESPEL cada uno de los residuos previamente separados de acuerdo con su categoría se almacenó en la bodega para este fin.

4.7. Recolección guías de laboratorio

Cada una de las guías utilizadas para las prácticas de química durante el segundo semestre del año, fue solicitada a los docentes o jefes de departamento de química, biología, ingeniería bioquímica y química farmacéutica, además de recolectar algunas de las guías usadas en periodos anteriores que podrían ser nuevamente implementadas en el primer semestre del siguiente año.

Las guías fueron revisadas y evaluadas con el fin de conocer el tipo de reactivos que se utilizan en las prácticas, de esta manera se determinó la clase de residuos generado y se desarrolló una adecuada clasificación, esta información se recolecto en el anexo 6.

4.8. Acciones para la reducción de los residuos químicos.

La determinación de los procedimientos a aplicar a las asignaturas que generaron mayor cantidad de residuos se tomó en base al diagnóstico realizado, diagrama de proceso, volumen generado, características químicas de los residuos, segregación, compatibilidad de los compuestos, nivel de degradación, bioacumulación, tipo de contaminación que estos pueden producir y la experiencia como profesional en los laboratorios de docencia. Además para los procedimientos de eliminación y/o recuperación de residuos, se tuvo encuentra el bajo consumo de energía y un bajo uso de reactivos químicos (Vera, 2015).

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. Diagnostico actual de los residuos químicos generados en los laboratorios de la FCN.

La Universidad Icesi cuenta con un plan de gestión de residuos basada en la norma NTP 480, en el cual se establece el modelo de gestión que se desarrolló en un centro universitario y es aplicable en cualquier universidad o centro de investigación.

En cuanto a los residuos químicos generados en los laboratorios de docencia e investigación, no existe ninguna reglamentación institucional en la que se presente el manejo y tratamiento de residuos peligrosos producidos en los laboratorios de química de la universidad.

5.1.1. Recolección de la información

Inicialmente se identificó el proceso de producción hasta el almacenamiento de residuos químicos en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Naturales, para ello se realizaron visitas al almacén de laboratorios (dispensadores de reactivos y soluciones) y los 11 laboratorios ubicados en el bloque L, los cuales son los principales generadores de residuos químicos. El mapa del proceso se ilustra en la figura 4, en donde se evidencian los procesos de generación, acumulación, almacenamientos, transporte y disposición de residuos de los principales generadores en la Universidad Icesi.

Las compras de reactivos para el uso de docencia e investigación se realizan de acuerdo con las necesidades de cada laboratorio; actualmente en el almacén se encuentran 807 reactivos que presentan salida continua. El almacén dispone de una estantería para reactivos que sobran de las prácticas (imagen 3), como se observa en el mapa de proceso, el almacén de laboratorio es el encargado de dispensar reactivos o soluciones para las prácticas de docencia e investigación, sin embargo, al finalizar cada una de las prácticas de docencia, los reactivos o soluciones que no se usaron en las prácticas son devueltas a este lugar, en donde algunas de ellas se almacenan para usar en siguientes laboratorios y otras son envasadas y etiquetadas para ser llevadas a un almacenamiento temporal (ver figura 4). Al final de semestre algunos de estos reactivos se encuentran contaminados y se transforman en residuos, los cuales son envasados en tarros de desechos, se rotulan y se envían para su disposición final.

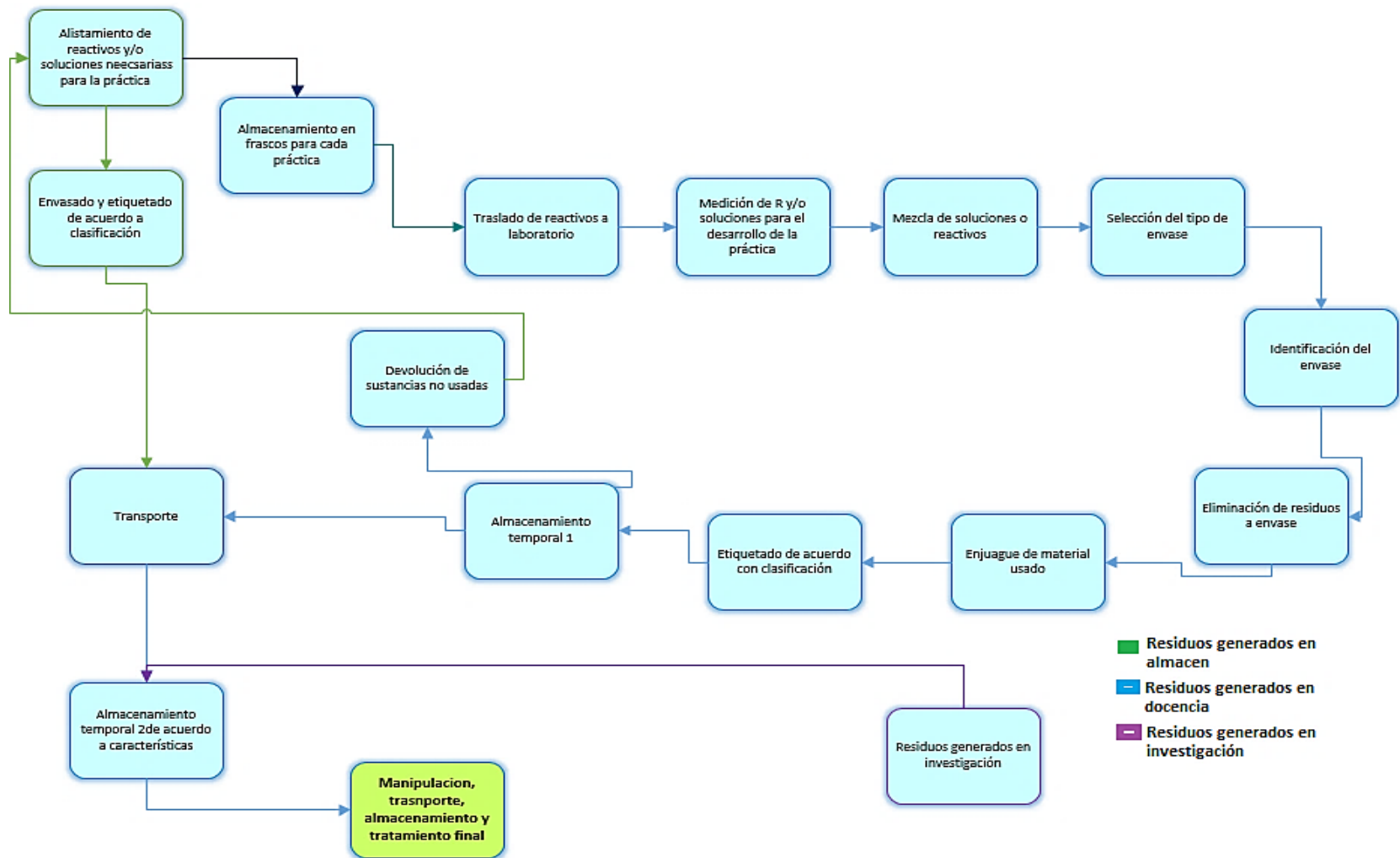


Figura 4. Proceso de generación de residuos químicos en la Universidad Icesi.

Fuente: Autor

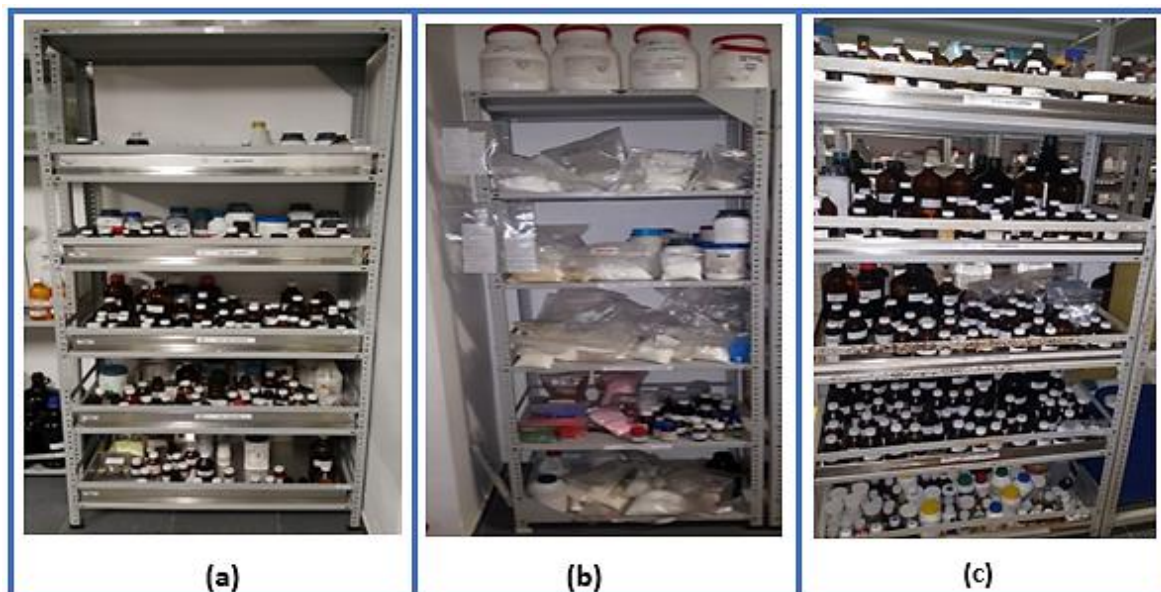


Imagen 3. Almacenamiento de reactivos y sustancias usadas en los laboratorios, **(a)** Estante de reactivos, **(b)** estante de materias primas y **(c)** estante de soluciones.
Fuente: Autor

Por otra parte, los reactivos están almacenados en estanterías de acuerdo con el sistema global armonizado, en el cual se clasifican y se etiquetan dependiendo de sus características químicas y físicas con el fin de evitar accidentes por incompatibilidades entre ellos (imagen 4).



Imagen 4. Estanterías de reactivos de acuerdo con el sistema global armonizado.
Fuente: Autor

En los laboratorios de docencia (imagen 5) se llevan a cabo una serie de pasos que se observan detalladamente en el mapa de proceso, en donde los auxiliares docentes son

los encargados de dirigirse al almacén de reactivos para solicitar las soluciones o reactivos que se usaran en cada una de las prácticas, una vez, la práctica este culminando, los docentes u auxiliares docentes son los encargados de mencionar como y donde se almacenaran los residuos generados, para finalmente realizar el correcto etiquetado de acuerdo con la clasificación utilizada por SOMA, la cual se basa en NTP 480. Entre los recipientes rotulados durante el semestre 2017_II se encontraron: disolventes halogenados, disolventes no halogenados, disoluciones acuosas orgánicas, disoluciones acuosas inorgánicas, ácidos y bases, solidos orgánicos, solidos inorgánicos y aceites.



Imagen 5. Algunos laboratorios de docencia en la Universidad Icesi.

Fuente: Autor

Los tarros de desecho usados para el almacenamiento de los residuos son etiquetados de acuerdo con la etiqueta realizada por SOMA (Anexo 3) y se marcan con un sticker de color de acuerdo con la siguiente clasificación (tabla 2):

Tabla 2. Clasificación de residuos usada en la Universidad Icesi.

Numero	Color	Tipo de residuo
I	Naranja	Disolventes halogenados
II	Verde	Disolventes no halogenados
IIIA	Azul Oscuro	Disoluciones acuosas orgánicas
IIIB	Azul Claro	Disoluciones acuosas inorgánicas
IV	Rojo	Ácidos y bases
V	Café	Aceites
VIA	Amarillo Claro	Solidos orgánicos
VIB	Amarillo Oscuro	Solidos inorgánicos
VII	Morado	Especiales

Con esto se segregan y clasifican los residuos de docencia que se producen después de cada una de las prácticas de laboratorio.

En estudios revisados se evidencio el grado de contaminación proveniente de las prácticas de laboratorio en la Universidad de Nariño, en el cual; se cuantificaron las cantidades de residuos durante el mes de abril del 2014, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3 (Riascos & Tupaz, 2015).

Tabla 3. Residuos producidos en las prácticas de laboratorio en el mes de abril de 2014.

Residuo generado	Cantidad/mes
Disolventes no halogenados	0,85 L
Soluciones acuosas con metales pesados	1,70 L
Compuestos orgánicos halogenados	0,45 L
Ácidos y bases	3,44 L
Compuestos orgánicos no halogenados	1,11 L
Soluciones acuosas sin metales pesados	2,32 L
Solidos inorgánicos y material contaminado	0,12 kg
Solidos orgánicos	0,03 kg

De acuerdo con la tabla 3, se observa que aproximadamente se generaron 10 Kg de residuos por mes, mientras que la Universidad Icesi aproximadamente esta generado cerca de 122 Kg/mes produciendo doce veces más. Durante el estudio también se mencionó que no se evidenciaron procesos de desactivación de los residuos químicos producidos en las practicas antes de su almacenamiento temporal, identificándose la baja conciencia ambiental debido al gran uso de reactivos (Riascos & Tupaz, 2015).

De acuerdo con el decreto 4741 de 2005, el artículo 6 hace referencia a que un residuo o desecho se confiere peligroso si contiene características, explosivas, tóxicas, inflamables, radioactivas, reactivas, corrosivas, debido a esto es de suma importancia clasificar e identificar los residuos producidos en cada una de las prácticas de laboratorios” (Decreto 4741, 2005).

Una vez terminadas las practicas, los residuos químicos son almacenados en la parte inferior de los lavamanos o en los gabinetes que se encuentran en las cabinas extractoras.

5.1.2. Toma de datos

Para la obtención de información se seleccionó el número de prácticas programadas en el semestre 2017_II (tabla 4), esta información fue solicitada al coordinador de laboratorios de la Universidad Icesi, encontrándose 310 prácticas para el área de química, 146 prácticas para el programa de química farmacéutica, 150 para el programa de biología, 67 para el programa de ingeniería y 68 para el programa de medicina, encontrándose 3 facultades, con aproximadamente 1818 estudiantes que corresponden al 31,57 % de la población universitaria de acuerdo al boletín Icesi en cifras del año 2016 (Universidad Icesi, 2016).

Tabla 4. Número de prácticas programadas para el semestre 2017_II.

Programa académico	Laboratorio de docencia	Semestre	Grupos	No. Estudiantes
Química	Análisis Instrumental I	V	6	46
	Análisis Instrumental II	VII	1	8
	Fisicoquímica I	IV	3	53
	Fisicoquímica II	V	3	55
	Análisis Químico	III	3	65
	Química Orgánica I	III	6	136
	Química Orgánica II	IV	3	49
	Química Orgánica III	V	1	-
	Bioquímica CN	IV	5	106
	Química General I	I	4	83
	Química General II	II	5	94

Programa académico	Laboratorio de docencia	Semestre	Grupos	No. Estudiantes
Química	Bioquímica Avanzada	VII	1	-
	Enzimología	VI	2	21
	Química Inorgánica	VII	1	-
	Hagamos Química en el Laboratorio	N/A	1	18
	Química de Aromas y Sabores	N/A	1	24
	Química del deporte	Electiva	1	16
Química Farmacéutica	Control Físicoquímico y Microbiológico	VII	2	34
	Fitoquímica	VI	4	59
	Farmacotecnia I	VI	2	36
	Farmacotecnia II	VII	3	58
	Cosmética	IX	1	5
	Biofarmacia	VII	2	28
	Toxicología	VII	2	31
	Nutrición	VIII	2	22
	Farmacia Industrial	VIII	1	7
Biología	Biotecnología	VII	3	60
	Biología general	I	3	74
	Biología celular	II	12	129
	Microbiología	IV	3	65
	Botánica	III	1	24
	Fisiología Animal	VI	2	28
	Genética	V	1	18
	Fisiología Vegetal	VI	2	-
Medicina	Microbiología medica	III	3	72
	Bioquímica I	I	4	80
	Bioquímica II	II	4	80
Ingeniería	Microbiología Industrial	V	1	19
	Biocatálisis	VI	2	28
	Química General Ingeniería Bioquímica	I	2	27
	Química General Ingeniería industrial	I	3	60

En el anexo 7 se muestra el número de prácticas desarrolladas por cada asignatura, obteniéndose un total de 741 prácticas académicas por semestre. La figura 5, nos muestran los laboratorios que presentaron un mayor número de prácticas en el semestre, se escogieron los 10 más representativos.

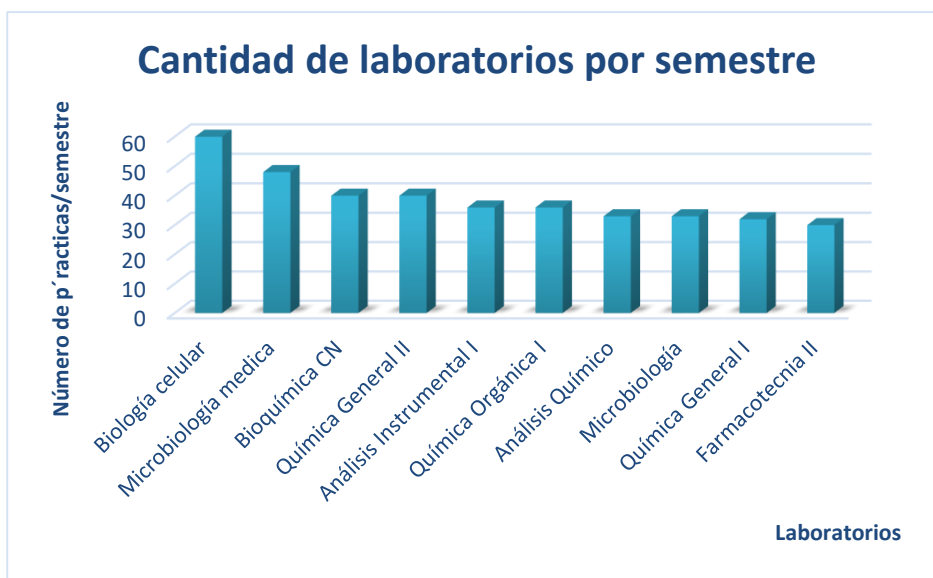


Figura 5. Cantidad de prácticas realizadas en el semestre 2017_II por asignatura.

Como se puede observar en la gráfica, los laboratorios con mayor cantidad de prácticas en el semestre 2017_II corresponde al laboratorio de biología celular con un total de 60, esto se debe a la cantidad de estudiantes que matriculan la materia; de acuerdo con la tabla 4 se detalla que 129 estudiantes se encontraban inscritos para este periodo académico. También es de resaltar los laboratorios de análisis químico y farmacotecnia II que tendrán un auge relevante más adelante.

5.2. Clasificación del residuo químico generado

De acuerdo con la gran diversidad de reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de docencia, los residuos químicos se clasifican en los siguientes grupos:

Disolventes halogenados: Son todos los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Estos corresponden a productos irritantes y muy tóxicos, en algunos casos cancerígenos. Por ejemplo: cloruro de metileno, bromoformo, etc. (NTP 480, 1998).

Disolventes no halogenados: En esta sección se clasifican los líquidos orgánicos inflamables que contienen menos de un 2% de halógenos, estos residuos son inflamables y tóxicos, entre estos se encuentran: amidas, aldehídos, alcoholes, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos aromáticos, nitrilos, etc. (NTP 480, 1998).

Disoluciones acuosas: Esta clasificación corresponde a soluciones acuosas tanto orgánicas como inorgánicas, es tal vez el grupo más amplio y debido a eso se deben realizar divisiones (NTP 480, 1998).

- Soluciones acuosas orgánicas: Son soluciones de alta demanda química de oxígeno, por ejemplo, colorantes, fijadores orgánicos como formol, fenol, glutaraldehído y eluyentes usados en cromatografía (metanol/agua)(NTP 480, 1998).
- Soluciones acuosas inorgánicas: Son soluciones de metales pesados (Ni, Ag, Cd, Se), soluciones acuosas de cromo IV y reveladores, sulfatos, fosfatos y cloruros (NTP 480, 1998).

Ácidos y bases: Corresponden a este grupo los ácidos y bases inorgánicas, sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen). Para el almacenamiento de esta clasificación es necesario tener en cuenta su mezcla en función de la composición y la concentración, debido a que se puede generar alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura (NTP480, 1998).

Aceites: Este grupo corresponde a aceites minerales derivados de operaciones de mantenimiento (NTP 480, 1998).

Sólidos: Este grupo corresponde a los productos químicos que se encuentran en estado sólido de naturaleza orgánica como inorgánica, exceptuando reactivos puros obsoletos en estado sólido del grupo VII (halógenos), para esta sección también se realiza 2 divisiones (NTP 480, 1998):

- Sólidos orgánicos: Contienen productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados con productos químicos orgánicos, por ejemplo: sílice o carbón activado que han sido combinados con disolventes orgánicos (NTP 480, 1998).
- Sólidos inorgánicos: contiene productos químicos de naturaleza inorgánica, este es el caso de sales de metales pesado (NTP 480, 1998).

Especiales: En esta categoría pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos que, por su gran peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos. Es el caso de reactivos puros que no son usados o que están vencidos. Algunos ejemplos son: comburentes (peróxidos), compuestos pirofóricos, compuestos muy tóxicos (mezcla crómica cianuros, etc.), compuestos muy reactivos (ácidos fumantes, cloruros de ácido, metales alcalinos, compuestos con halógenos activos, compuestos

peroxidables, compuestos polimerizables, principios activos de medicamentos, etc.) (NTP 480, 1998).

5.3. Recolección de los residuos químicos generados en los laboratorios

El docente y los auxiliares docentes orientaron a los estudiantes con la clasificación de cada uno de los residuos químicos generados en las diferentes practicas académicas y la correcta segregación en cada uno de los recipientes (Anexo 2) debidamente rotulados, sin realizar ningún proceso de desactivación como se muestra en la imagen 6 (residuos químicos obtenidos durante la semana 3 del segundo periodo académico del 2017).



Imagen 6. Envases con desechos generados durante los laboratorios de la semana 3.
Fuente: Autor

Para realizar una correcta cuantificación de los residuos, se ejecutó un seguimiento diario a cada una de las prácticas de docencia, en estas se realizaron pesajes de los residuos obtenidos al final de cada práctica en sus respectivos envases de propileno. Los pesos de cada residuo se reportaron en la matriz (Anexo 5), la cual contenía información como fecha, materia, número de estudiantes, profesor, cantidad y tipo de residuo químico generado.

Los RESPEL que se produjeron en cada práctica académica se cuantificaron con una balanza sartorius Miras 2 de capacidad máxima de 30 Kg y para los residuos que poseían una baja cantidad se empleó una balanza KERN PCB con capacidad máxima de 6000 g. Los valores obtenidos se registraron en la tabla 5.

Tabla 5. Residuos químicos generados en los laboratorios de la FCN en el semestre 2017_II.

Tipo de residuo químico	Clasificación	Cantidad (Kg)
Disolventes Halogenados	I	53,17
Disolventes No Halogenados	II	17,93
Disoluciones Acuosas Orgánicas	III A	204,45
Disoluciones Acuosas Inorgánicas	III B	172,32
Ácidos y Bases	IV	194,39
Aceites	V	0,00
Sólidos Orgánicos	VIA	17,05
Sólidos Inorgánicos	VIB	0,20
Especial	VII	337,59

5.4. Diagnostico actual periodo 2017_II

Una vez identificadas todas las cantidades de residuos químicos generados en los laboratorios y su calificación se realizó un estudio con los datos obtenidos, para discriminar la información obtenida se realizó una gráfica en donde se segregaron las asignaturas según el semestre en el que se ofertan, observándose que la cantidad total de residuos químicos generados en el área de docencia fueron de 999,21 Kg, distribuyéndose la mayor parte en laboratorios de III y VII semestre (Figura 6).

Las prácticas de laboratorio en tercer semestre generaron la mayor cantidad de residuos químicos, un total de 227,93 Kg, por su parte, las asignaturas que corresponden a sexto semestre produjeron 202,91 Kg de residuos, a simple vista los valores son muy similares, sin embargo la cantidad de laboratorios no fueron iguales, para tercer semestre se ofertaron 3 laboratorios (análisis químico, microbiología médica y botánica), mientras que para sexto semestre se ofertaron 6 laboratorios correspondientes a (farmacotecnia I, farmacognosia y fitoquímica, biocatálisis, enzimología, química de aromas y sabores y fisiología animal); la tabla 6 nos muestra la cantidad de residuos que generaron cada una de estas asignaturas.



Figura 6. Residuos químicos generados de acuerdo con el semestre académico.

Tabla 6. Cantidad de RESPEL producidos en los laboratorios de 3 y 6 semestre.

Estadísticos descriptivos: Residuos/semestre

Estadísticas

Variable	Materia	Suma
Residuos/semestre		
3	Análisis Químico	224071
3	Microbiología Médica	3868,5
3	* Botánica	0,000000
6	Farmacotecnia I	51356
6	Fitoquímica	42577
6	Biocatálisis	20230
6	Enzimología	803,58
6	* Fisiología Animal	0,000000
6	Química de Aromas y Sabores	287,33

* La materia no se ofertó para el periodo 2017_II.

(Minitab, 2018)

Para las asignaturas de tercer semestre, la mayor cantidad de residuos perteneció a análisis químico con 224.071 Kg de residuos generados, seguido por microbiología médica, por su parte, para el sexto semestre el laboratorio que generó mayores residuos químicos fue farmacotecnia I contribuyendo 51.356 Kg, aproximadamente una cuarta parte de lo que se generó en tercer semestre. Si se observa en la tabla 4, se aprecia que análisis químico tenía 3 grupos de laboratorio con un total de 65 estudiantes, mientras tanto farmacotecnia I tuvo 2 grupos para un total de 36 estudiantes para el periodo 2017_II.

Cómo se realizó con los semestres 3 y 6, se cuantificaron todos los residuos generados en cada asignatura de los programas de química, química farmacéutica, biología, medicina e ingeniería, con el fin de determinar qué tipo de residuo se estaba produciendo y en qué cantidad, los resultados más representativos se muestran a continuación en la figura 7. Los datos de los demás laboratorios se ilustran en el anexo 7.

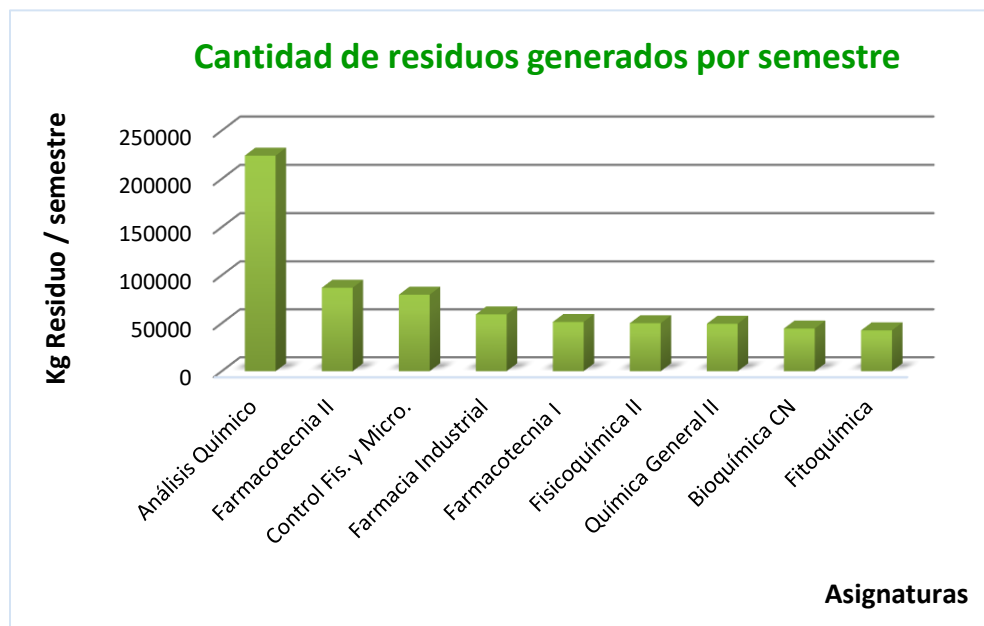


Figura 7. Cantidad de RESPEL producidos en el semestre por asignaturas.

De acuerdo con la gráfica, se observa que el laboratorio de análisis químico fue el que presentó mayor cantidad de residuos químicos con un 22.42 % de los RESPEL generados en el área de docencia durante el periodo 2017_II, los dos laboratorios que continúan en el orden son farmacotecnia II y control fisicoquímico y microbiológico, ambos cercanos a los 80.000 kg generados, siendo estos 3 laboratorios el 39,11% de los residuos totales generados en periodo académico. Estos tres laboratorios representan casi el 40% de los RESPEL en el semestre mientras que los otros 37 laboratorios produjeron 60% restante.

Un estudio realizado por (Rodríguez, 2014) en la Universidad de Nariño, reportó un estimado del volumen de residuos que se generaron durante un mes en los laboratorios de química como parte de la actividad académica, en donde se obtuvieron aproximadamente 9,99 Kg, como se puede observar los valores son mínimos si se comparan con los obtenidos en la Universidad Icesi. Sin embargo (Riascos & Tupaz, 2015), realizaron la cuantificación e identificación de residuos químicos generados en la Universidad de Nariño durante el segundo semestre del 2014, en el semestre se produjeron 173.449 Kg, si se compara este con los datos que se muestran en la figura 7, se aprecia que la cantidad de residuos generados en el laboratorio de análisis

químico es mucho mayor que el generado en un semestre para la Universidad de Nariño. Sin embargo, cabe resaltar que la cantidad de prácticas que se realizaron para los 12 programas académicos fue de 109, esto equivale a un 14,71% de las prácticas que se realizaron en la Universidad Icesi durante el mismo periodo de tiempo.

De acuerdo con la clasificación de residuos químicos, mencionados en la sección 5.2, durante el semestre académico se generaron 999,21 Kg de RESPEL. El grupo VII Especiales se produce en mayor cantidad con un 34 %, seguido por disoluciones acuosas orgánicas grupo IIIA, ácidos y bases grupo IV, disoluciones acuosas inorgánicas grupo IIIB, disolventes halogenados grupo I, disolventes no halogenados grupo II con el 2% y finalmente los sólidos orgánicos e inorgánicos grupos VIA y VIB en menor cantidad con el 2%, el diagrama de porcentajes se representa en la figura 8.

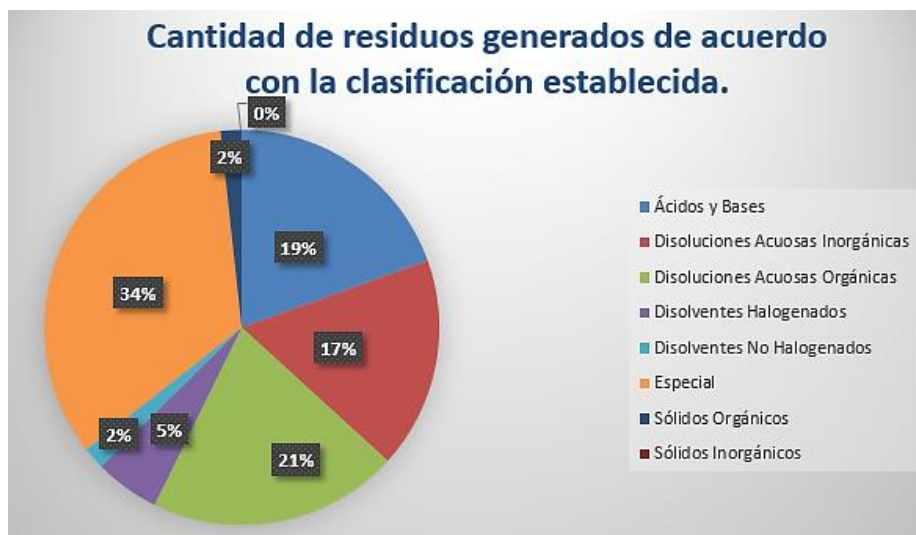


Figura 8. Cantidad de residuos químicos producidos de acuerdo con su clasificación.

Las grandes cantidades de residuos generados se deben principalmente al número de prácticas realizadas en los diversos programas académicos durante cada semestre, gran parte de estos desechos se producen por las altas cantidades de reactivos que se emplean para desarrollar los experimentos y al no tratamiento de estos residuos, debido a la falta de procedimientos de desactivación que conlleven a minimizar la cantidad de cada uno de estos.

Puesto que cada día se están generando residuos químicos, la desactivación de cada uno de estos por una empresa tercera se ha venido incrementando constantemente y por lo tanto los costos asociados al tratamiento final van en aumento. Para el periodo 2017_II el precio de la desactivación final de los residuos químicos solo para el área de docencia fue de \$9.992.118 pesos, este valor es solamente por los residuos, sin tener en cuenta el valor del envase donde se almacena.

Para cada práctica de laboratorio para el área de docencia es solicitada la cantidad de envases en donde se disponen finalmente los residuos generados al final de cada práctica, tal como se muestra en el diagrama de proceso en la sección 5.1.1. La cantidad de envases que fueron solicitados durante los periodos académico 2017_II fueron de 509, distribuyéndose de la siguiente manera: programa de química 203, biología 26, química farmacéutica 118, medicina 7, ingeniería 29 e investigación 126. El diagrama de porcentajes se representa en la figura 9.

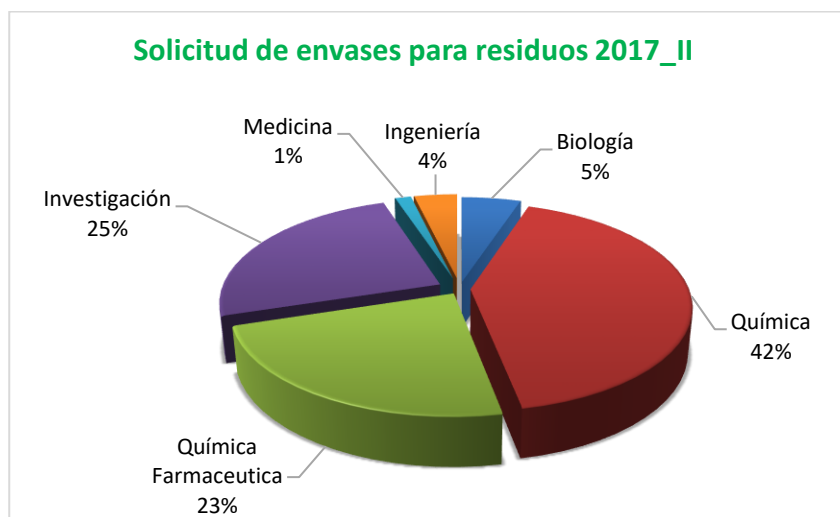


Figura 9. Cantidad de envases solicitados por programa académico.

Como se observó en la figura anterior, el programa de química solicitó la mayor cantidad de envases para almacenamiento de residuos con un 42% durante el segundo semestre del año 2017, seguido de los laboratorios de investigación y química farmacéutica con aproximadamente un 25% cada uno. Además del uso de los envases plásticos en el área de investigación, gran parte de estos laboratorios almacenan sus residuos en galones plásticos con una capacidad de 19 litros (Anexo 2), los cuales no se tuvieron en cuenta al momento de realizar los costos que estos generan.

De acuerdo con la información anterior, el programa de química registró el porcentaje más alto en el uso de envases para almacenamiento; esto posiblemente se debe al gran número de asignaturas que se encuentran asociadas a este programa académico, siendo 17 asignaturas con un gran número de estudiantes que corresponden al 47,57 % de los alumnos inscritos a asignaturas que tienen laboratorios, seguido del programa de biología con 21,89%. Sin embargo, como se detalla en el anexo 7 y en la figura 7, los laboratorios del área de biología generan pocos RESPEL durante el semestre. Con el fin de identificar que laboratorios se están almacenando mayor cantidad de residuos se realizó una gráfica de acuerdo con el número de envases solicitados durante el semestre por cada asignatura, para un mejor gráfico se seleccionaron los 10 datos más relevantes (figura 10).



Figura 10. Número de envases solicitados de acuerdo a la asignatura.

Como se mencionó anteriormente durante el periodo académico los laboratorios que más generaron residuos químicos correspondieron a análisis químico, farmacotecnia II y control fisicoquímico y microbiológico, evidenciándose también en el número de envases para almacenamiento solicitado, análisis químico solicitó 67 envases plásticos, farmacotecnia II 33 y control fisicoquímico y microbiológico 25.



Imagen 7. (a) Envase Pet ámbar x 120mL, (b) Pote crema x 50 g.
Fuente: Autor

Uno de los laboratorios que generó residuos químicos y se clasificaron como especiales fue el laboratorio de industrial (ver anexo 7), no obstante, durante el semestre fue solicitado un solo recipiente para desechos, esto es debido a que en el laboratorio se elaboran jarabes, suspensiones, cremas y tabletas los cuales son almacenados en recipientes ámbar y potes para crema que al final son desechados. Durante el segundo semestre del 2017 fueron solicitados 180 frascos ámbar para el laboratorio (imagen 7) correspondientes al 56.07% de los usados en el semestre y 500 potes de crema siendo el 97,09%.

Debido al crecimiento de la facultad y la creación de nuevos programas académicos, las prácticas de laboratorios han conducido a un gran aumento en los costos del tratamiento de los residuos peligrosos. La disposición final de estos residuos implica además del riesgo, un costo económico que la universidad debe asumir, durante el semestre en que se desarrolló el estudio, los costos del tratamiento de residuos fueron cercanos a \$9.992.118, sin tener en cuenta los valores asociados con los envases de polietileno. Sin embargo, estos residuos no son los únicos que se generan, en la Universidad Icesi se cuentan con laboratorios de investigación que han sido creados y

dotados para el fortalecimiento de la investigación institucional, la investigación contratada y servicios especializados, cada laboratorio se ha adecuado dependiendo de las necesidades de cada línea de investigación, en estas áreas los docentes, investigadores y estudiantes desarrollan proyectos que conlleven a lograr objetivos científicos, hasta la fecha la universidad cuenta con 5 laboratorios en ciencias biológicas, 5 laboratorios en ciencias químicas y 3 laboratorios en ciencias farmacéuticas. Cada uno de estos laboratorios en sus experimentos, generan residuos químicos que también deben ser tratados adecuadamente.

Con el fin de determinar la cantidad de residuos peligrosos que se estaba produciendo en las áreas de investigación, almacén y LIQ, se solicitó la información de la cantidad enviada a disposición final por un tercero al personal encargado del manejo de residuos en el área de SOMA, en donde se encontró que la mayor parte de los RESPEL producidos en la universidad provenían de estas áreas (figura 11).

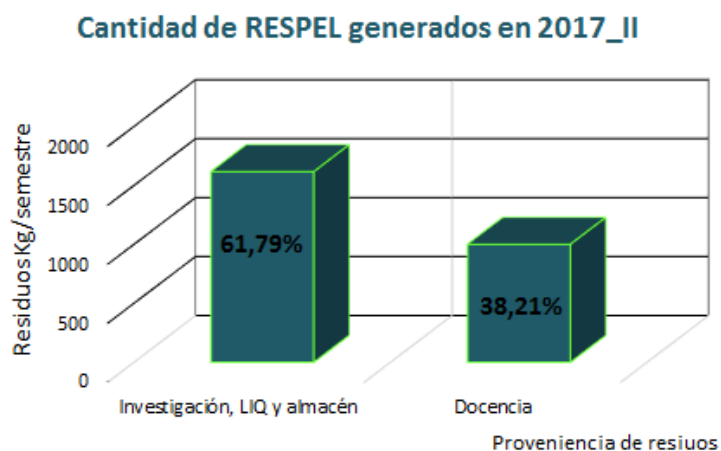


Figura 11. Cantidad de desechos producidos en el semestre en las áreas de docencia e investigación, almacén y LIQ.

Como se evidencia el 61,79% de los residuos químicos que se producen en la universidad provienen de las áreas de investigación, LIQ y almacén de laboratorios, siendo estos dos últimos los que producen menor cantidad, cerca de 105.33 Kg/semestre. Estas áreas están produciendo 1615,73 Kg por semestre lo que se ve reflejado en costos de tratamiento con un valor de \$ 16.157.350 pesos, la tabla 7 detalla los valores que la universidad está asumiendo aproximadamente por semestre.

Tabla 7. Costos finales del tratamiento de residuos químicos.

Ítem	Costo asociado (\$)
Residuos químicos área de docencia	9.992.118
Residuos químicos área de investigación, almacén y LIQ.	16.157.350
Frasco ámbar x 120 mL	190.995
Pote crema x 50 g	1.007.500
Envases plásticos	2.216.303

De acuerdo con la información en la tabla anterior, se evidencia que la universidad actualmente está invirtiendo \$29.564.266 de pesos semestralmente en tratamiento de residuos químicos generados en los laboratorios de ciencias de la Facultad de Ciencias Naturales. Si estos costos son reducidos, la universidad podría invertir este dinero en nuevos equipos o en dotación de equipos o instrumentos de laboratorios para las áreas de docencia e investigación, favoreciéndose la comunidad universitaria pero especialmente la comunidad estudiantil y de esta manera seguir formando un capital humano de alta calidad y acorde a las exigencias de las industrias de la región y del país. Algunas universidades han solucionado la problemática de segregación y tratamiento de los residuos sólidos, implementando planes de manejo integral de residuos, este es el caso de la Corporación Universitaria Lasallista que logro ahorrar \$18.114.772 pesos en la tasa del aseo durante los cinco semestres en que se desarrolló el programa del proyecto, disminuyendo el volumen de residuos para su disposición final (Castrillón & Puerta, 2012).

5.5. Transporte y almacenamiento temporal de los residuos químicos

Todos los jueves las personas encargadas transportan los envases plásticos que se encuentran rotulados y clasificados adecuadamente en cada laboratorio al cuarto de almacenaje (imagen 8). Este sitio se encuentra en el mismo edificio de los laboratorios (Edificio Valle del Lili); el lugar se ha ido adecuando de acuerdo con las necesidades, las estanterías se encuentran rotuladas de acuerdo con la clasificación según la NTP 480, sin embargo; el lugar no se encuentra identificado, la ventilación del lugar no es la

adecuada y detrás de la pared se encuentran un cilindro de aire sintético cero, uno de hidrogeno UAP y uno de helio los cuales representan un peligro potencial.



Imagen 8. Bodega de almacenamiento de residuos químicos después de las prácticas. **(a)** Vista exterior, **(b)** Vista interior.

Fuente: Autor

5.6. Recolección guías de laboratorio

Una vez finalizado el periodo académico 2017_II y luego de haber realizado el diagnóstico con el fin de determinar los laboratorios estaban generando grandes cantidades de residuos (figura 7) se evaluaron las guías de laboratorio de las materias que generan más impacto como lo fueron: análisis químico, farmacotecnia II y control fisicoquímico y microbiológico, estos se evaluaron de acuerdo a los principales parámetros como: las normas de bioseguridad, el tipo de residuo que se genera, si existen procedimientos de segregación, desactivación y almacenamiento temporal (anexo 6), con este estudio se verificó si los RESPEL generados se pueden pre-tratar o minimizar las cantidades que se estaban enviando a empresa que realizaría el tratamiento final. La tabla 8 muestra la cantidad de guías que se evaluaron.

Tabla 8. Cantidad de guías evaluadas por curso y resultados obtenidos.

Laboratorio	No. Guías evaluadas	Normas de bioseguridad	Procedimiento de segregación	Proceso de desactivación	Almacenamiento
Análisis químico	11	100%	20%	0%	0%
Farmacotecnia II	10	100%	20%	0%	0%
Control fisicoquímico y microbiológico	11	100%	20%	0%	0%

Con la revisión de las guías de laboratorio se encontró que el 100% cuentan con las normas de bioseguridad que se deben disponer en cada laboratorio (Figura 12) y se concientiza a los estudiantes, profesores y auxiliares docentes del correcto manejo de los residuos químicos, sin embargo, no se identifica el tipo de residuos generado durante la práctica, no se contemplan procedimientos de segregación, desactivación y almacenamiento temporal de los residuos químicos generados dentro las mismas.

Cada una de las guías de estos tres laboratorios se revisaron de acuerdo con el formato del anexo 6, en donde se clasificaron sus residuos adecuadamente dependiendo de su compatibilidad y características físicas el 100 % de los residuos que se generaron en estas prácticas, además a cada una de estas se le planteó una posible desactivación o un o pre-tratamiento adecuado con el fin de reducir la cantidad producida, contribuyendo de esta manera a reducir el consumo de insumos (reactivos, materiales, agua, etc.) en cada uno de los laboratorios. No obstante, si se quiere desarrollar una desactivación previa de un residuo, cada uno de los laboratorios debe hacerse responsable de aplicar el procedimiento establecido y notificado en las fichas de disposición de los residuos.

Normas de seguridad

El estudiante debe referirse al manual de normas de seguridad.

Equipos de protección personal

Usar durante todo el desarrollo de la práctica los siguientes elementos de seguridad:

- Bata de laboratorio
- Guantes de nitrilo
- Gafas de seguridad

Mantener los elementos personales de seguridad identificados y en buen estado.

Está prohibido su intercambio con los demás compañeros de laboratorio.

Manejo de Residuos químicos

Tanto por razones de seguridad como por respeto al medio ambiente, es importante disponer los residuos generados en las prácticas del laboratorio de química en forma adecuada. Por ello el estudiante debe:

1. Emplear los recipientes destinados para eliminar los residuos o desechos de laboratorio, los cuales están debidamente identificados según el tipo de sustancia a desechar.
2. Verter únicamente los residuos en el recipiente correspondiente para evitar reacciones no controladas y potencialmente peligrosas.

No arrojar por el desagüe los desechos o residuos químicos obtenidos durante el desarrollo de la práctica. Si tiene alguna inquietud al respecto comuníquela al responsable del laboratorio, quien le indicará la forma correcta de hacerlo.

Figura 12. Seguridad durante la práctica mencionada en cada una de las guías de la FCN.

Fuente: Guías de laboratorio Universidad Icesi

Los procedimientos para la eliminación de los residuos son varios, pero el que se apliquen a uno o a otros dependerán de su clasificación mencionada en la sección 5.2. Los procedimientos para eliminación, desactivación o recuperación de residuos más utilizados son:

Incineración: “Los residuos son quemados en un horno y reducidos a cenizas. Es uno de los métodos más usados en la eliminación de residuos del tipo orgánico y material biológico. La temperatura debe ser controlada y la posible toxicidad de los humos producidos. La instalación de un incinerador solo está justificada por un volumen importante de residuos a incinerar o por una especial peligrosidad de estos. En algunos casos se pueden emplear calderas disponibles en los edificios (Cisneros, 2008).

Vertimiento: “Este procedimiento es recomendable para los residuos no peligrosos y peligrosos, una vez reducida esta mediante neutralización o tratamiento adecuado. El vertimiento se puede realizar directamente a un vertedero o por el desagüe. Los vertederos deben estar preparadas convenientemente para prevenir contaminación en la zona y de esta manera conservar el medio ambiente” (NTP 276, 1997).

Reutilización-reciclado: Una vez recuperado un compuesto, la solución ideal es su reciclado o reutilización, puesto que la acumulación de productos químicos sin uso previsible en el laboratorio no es recomendable, por ejemplo, el mercurio. En algunos casos, el reciclado puede tener lugar fuera del laboratorio, ya que el producto recuperado (igual o diferente del contaminante originalmente considerado) puede ser útil para otras actividades distintas de las del laboratorio (NTP 276, 1997).

Recuperación: “Este procedimiento se basa en efectuar un tratamiento al residuo generado con el fin de recuperar algún o algunos elementos y/o sus compuestos que por su alta toxicidad es aconsejable no eliminar. Es un procedimiento especialmente indicado para los metales pesados y sus compuestos que posiblemente puedan provocar una bioacumulación a largo plazo” (Pérez, 2009).

De acuerdo con las definiciones anteriores y los resultados de la tabla 8, en donde se los procedimientos de segregación, los procesos de desactivación y el almacenamiento no son los esperados, se propuso una posible desactivación o un pretratamiento a las prácticas de los tres laboratorios que más generaron residuos químicos en el periodo académico 2017_II, los resultados se muestran en las tablas 9, 10 y 11.

Tabla 9. Reducción de RESPEL del laboratorio de análisis químico.

Práctica No.	Clasificación anterior (grupo)	Clasificación actual (Grupo)	Posible tratamiento	Cantidad (Kg) 2017_II	Cantidad esperada 2018_I (Kg)	Reducción
1	IIIA	N/A	Vertimiento	8,26	0	100%
2	IIIB	VIB y IV	Vertimiento	8,02	0,2	97%
3	IV	IV y VIB	Vertimiento	28,99	0,2	99%
4	VII	IV y VIA	Vertimiento	37,38	0,4	98%
5	IV	IV y VIA	Vertimiento	9,71	0,2	98%
6	IIIB	IV	Vertimiento	25,05	0	100%
7	IV	IV	Vertimiento	18,42	0	100%
8	IIIB	IV y VIA	Vertimiento	27,80	0,5	98%
9	IV	VII	-	14,32	14,32	0%
10	IIIB	IIIB	Evaporación	29,76	9,00	70%
11	IIIB	IIIB y VIB	-	16,36	16,36	0%

Tabla 10. Reducción de RESPEL del laboratorio de control fisicoquímico y microbiológico.

Práctica No.	Clasificación anterior (grupo)	Clasificación actual (Grupo)	Posible tratamiento	Cantidad (Kg) 2017_II	Cantidad esperada 2018_I (Kg)	Reducción
1	N/A	N/A	N/A	0	0	0%
2	N/A	N/A	N/A	0	0	0%
3	VII	IV	Vertimiento	5,42	0	100%
4	VII	IV	Vertimiento	17,73	0	100%
5	VII	VII	Evaporación	31,08	5,00	83,9%

6	VII	VII y IIIA	Vertimiento	9,66	7,95	17,7%
7	N/A	N/A	N/A	0	0	0%
8	IIIA	IIIA	Evaporación	5,25	1,0	80,9%
9	N/A	N/A	N/A	0	0	0%
10	N/A	N/A	N/A	0	0	0%
11	VII	VII	Vertimiento	10,6	5,0	52,8%

Tabla 11. Reducción de RESPEL del laboratorio de farmacotecnia II.

Práctica No.	Clasificación anterior (grupo)	Clasificación actual (Grupo)	Posible tratamiento	Cantidad (Kg) 2017_II	Cantidad esperada 2018_I (Kg)	Reducción
1	VII	IV	Vertimiento	8,96	0	100%
2	VII	IV	Vertimiento	6,35	0	100%
3	IIIA	IIIA	Evaporación	6,16	5,54	10%
4	VII	VII	Evaporación	8,59	1,00	88%
5	VII	IV	Vertimiento	0,51	0	100%
6	VII	VII	Evaporación	10,54	4,22	60%
7	IIIA	IIIA	-	17,18	17,18	0%
8	IIIA	IIIA	-	6,39	6,39	0%
9	VII	VII	Evaporación	10,50	5,00	53%
10	VII	IIIA	-	11,84	11,84	0%

Con los resultados obtenidos en las tablas anteriores, se puede determinar que muchos de los residuos generados no contaban con una categorización adecuada, puesto que se estaban clasificando de acuerdo con las características de los reactivos, mas no de los compuestos que se estaban produciendo, la figura 13 muestra la disminución de residuos en los tres laboratorios que se les aplicó la revisión de acuerdo con el anexo 6.

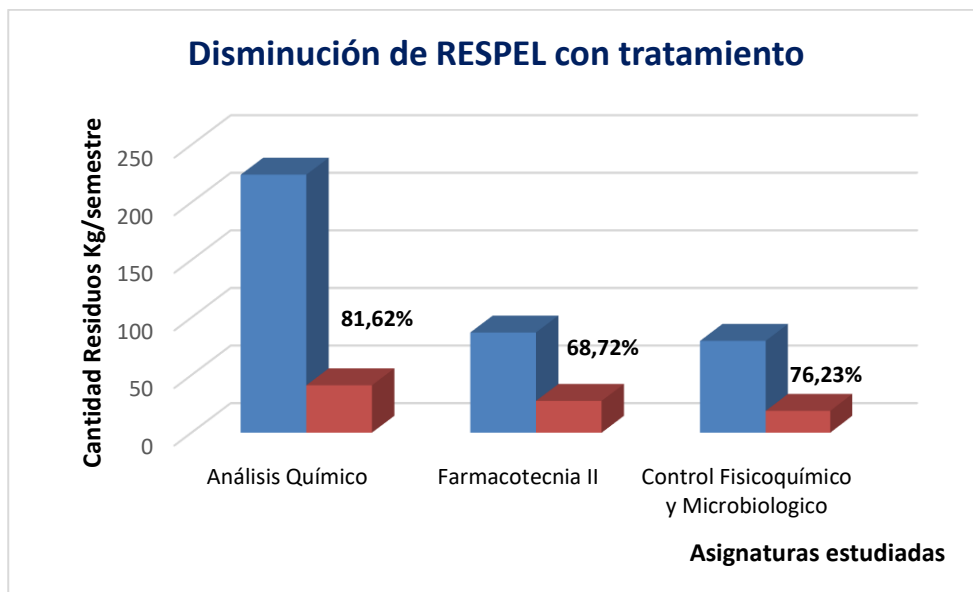


Figura 13. Disminución de residuos peligrosos si se realiza el tratamiento de estos.

Como se detalla en la figura 13, la reducción que se podría obtener en estas asignaturas estaría comprendida entre el 68 y 81 %. Por ejemplo, en el caso de análisis químico la reducción de los residuos peligrosos fue del 81,62%, esto quiere decir que si en el semestre 2017_II se generaron 224,07 Kg, con el tratamiento de podría enviar a disposición final 41,18 Kg, obteniéndose un ahorro de aproximadamente de \$2.068.382 pesos en esta sola asignatura. Para el caso de las tres asignaturas se evidencia una reducción considerable logrando disminuir el 77,78% de los residuos, esto quiere decir, que se pasaría de 390,83 a 86,83 Kg por semestre en estas tres asignaturas, siempre y cuando la cantidad de estudiantes y el número de grupos sea similar al que se tuvo cuando se llevó a cabo este estudio.

5.7. Acciones para la reducción de los residuos químicos

5.7.1. Procedimiento para el tratamiento de residuos químicos

Las tablas 9, 10 y 11, muestran que muchas sustancias y mezclas que se utilizan en los laboratorios son por una u otra razón peligrosas, por eso es de suma importancia que el usuario de estas sea conocedor de sus características, propiedades y de la posible peligrosidad de cada producto a manipular (Cisneros, 2008). Con el fin de poder implementar y dar a conocer estas alternativas de desactivación o minimización de riesgo ambiental a estudiantes, colaboradores, profesores e investigadores, es fundamental realizar procedimientos estandarizados de operaciones (POE) que describan el proceso de una correcta disposición final de los residuos peligrosos generados en las actividades académicas. En el anexo 8 se muestra el procedimiento

para sustancias que contienen nitrato de plata (AgNO_3) correspondiente a la práctica 4 del laboratorio de análisis químico.

5.7.2. Tratamiento de algunos residuos generados en los laboratorios de docencia

Los residuos químicos generados en los laboratorios de docencia en la Universidad Icesi contienen características muy distintas de acuerdo con el reactivo que se usó y las cantidades en que se produjo pueden variar, algunos aspectos que inciden en la elección para su eliminación son: la cantidad generada, facilidad de neutralización, posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización, grado de toxicidad, bioacumulación, biodegradación, entre otros. Los tratamientos de eliminación que se mencionan a continuación se recomiendan de acuerdo con algunas características que se observaron en el diagnóstico de RESPEL que se desarrolló, entre estas se encontraron, la cantidad, la facilidad del tratamiento y el poco gasto de reactivos para su eliminación:

Ácido sulfúrico: Diluir con precaución el residuo con suficiente agua, neutralizar con hidróxido de sodio al 4% o bicarbonato de sodio. Verter al desagüe con abundante agua.

Aldehídos: entre estos se encuentran el formaldehído, glutaraldehído y pformaldehído, por cada mililitro de aldehído se adicionan 10 mL de agua con agitación constante, se le adiciona un exceso de hipoclorito de sodio (25 mL por cada 1 mL de formaldehído). Agitar durante 20 minutos y verter la solución al desagüe.

Cianuros: tratar con clorito de sodio (disolución alcalina). Dejar en reposos por 24 h y verter al desagüe.

Disolventes halogenados: Se debe realizar una destilación con el fin de realizar una correcta purificación. El primer y último destilado se debe enviar a disposición final.

Haluros de ácidos orgánicos: Adicionar bicarbonato de sodio y agua, verter al desagüe.

Iodo: Disolver o mezclar el reactivo con un solvente o combustible y quemarlo en un incinerador apto para productos químicos provisto de postquemador y lavador (Sigma-Aldrich, 2012).

Mezcla sulfocrómica: Esta solución contiene cromo hexavalente el cual es cancerígeno, primero se reduce el cromo VI (color anaranjado) a cromo III usando un reductor apropiado dentro de un recipiente. El cromo III no es cancerígeno, se neutraliza con ácido sulfúrico.

Nitrato de plata: La solución que tiene el nitrato de plata es llevada a pH:2,00. Se adiciona ácido sulfúrico o cloruro de sodio con el fin de precipitar la plata como cloruro

de plata, se filtra el precipitado. El sólido obtenido se deposita en residuos inorgánicos y el líquido restante se neutraliza y se desecha al desagüe con abundante agua.

Permanganato de potasio: adicionar soluciones que aceleren la reducción como: bisulfito de sodio, tiosulfato de sodio, sales ferrosas o mezclas sulfito-sales ferrosas y ácido sulfúrico 2 molar (M). Neutralizar con carbonato de sodio, filtrar y almacenar el filtrado.

Peróxidos inorgánicos: Se diluyen con suficiente agua y se le adiciona un reductor apropiado con el fin de evitar explosiones. Verter por el desagüe con suficiente agua.

Sales inorgánicas: Adicionar un exceso de carbonato de sodio y agua, dejar en reposo durante 244 horas, neutralizar con ácido clorhídrico 6M y verter al desagüe.

Soluciones buffer: Las soluciones de sales inocuas pueden ser eliminadas por el vertedero con abundante agua.

Soluciones con etanol o metanol: Soluciones acuosas con metanol o etanol se vierten en el desagüe.

Existen residuos que pueden ser vertidos por el desagüe, entre estas se encuentran soluciones acuosas orgánicas e inorgánicas, las primeras de ellas corresponden a acetatos (calcio, amonio, potasio y sodio), almidón, aminoácidos y sus sales, ácido láctico y sus sales de sodio, potasio, calcio y amonio, ácido cítrico y sus sales de potasio, sodio, amonio, calcio, azúcares, formaldehído, glutaraldehído, ácido acético entre otros, por su parte las soluciones acuosas inorgánicas como bromuro de sodio o potasio, fluoruro de calcio, yoduros de potasio o sodio, carbonatos de sodio, potasio, magnesio, bario, amonio, calcio, silicatos, sulfatos, acetatos, clorito de sodio y óxidos de boro, magnesio, aluminio, calcio, silicio y hierro embargo (Riascos & Tupaz, 2015). Estas soluciones pueden verterse al desagüe o a los vertederos, siempre y cuando estos estén preparados para prevenir contaminaciones, además de verterlas de forma controlada en pequeñas cantidades y que no sobrepasen los límites que se establecen en la resolución 631 de 2015 en la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos a cuerpo de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Una vez conocidas algunas técnicas y métodos para la desactivación de gran variedad de residuos químicos generados en el área docencia, es de gran importancia sensibilizar a los estudiantes, docentes, auxiliares docentes, colaboradores e investigadores acerca de la educación ambiental, ya que esta constituye los principales procesos para lograr el desarrollo habitual de las buenas prácticas de laboratorio desde la compra de los reactivos, insumos y materiales hasta la producción de RESPEL de la manera más eficiente, con el fin de minimizar la cantidad de residuos y riesgos para el medio ambiente y la comunidad universitaria (Riascos & Tupaz, 2015).

De acuerdo a lo establecido en el (Decreto 4741, 2005), artículo 10 literal b, los generadores de residuos peligrosos tienen la obligación de minimizar la generación de estos residuos así como su peligrosidad, por su parte la (Ley 1252, 2008), en el artículo 2 literal 2, menciona que cada generador debe “minimizar la generación de residuos peligrosos mediante la aplicación de tecnologías ambientales limpias y la implementación de los planes integrales de residuos peligrosos”, el numeral 4 se menciona “diseñar planes y procesos adecuados, limpios y eficientes de tratamiento, almacenamiento, transporte, reutilización y disposición final de cada uno de los residuos peligrosos” (Ley 1252, 2008).

La universidad Icesi debe implementar políticas y procedimientos en el manejo integral de los residuos generados en los laboratorios de la facultad de ciencias naturales, en la figura 14 se muestran algunos de los procesos para el manejo integral de residuos que se deben tener en cuenta de acuerdo con la jerarquía de gestión de residuos mencionada en la sección 3.2.

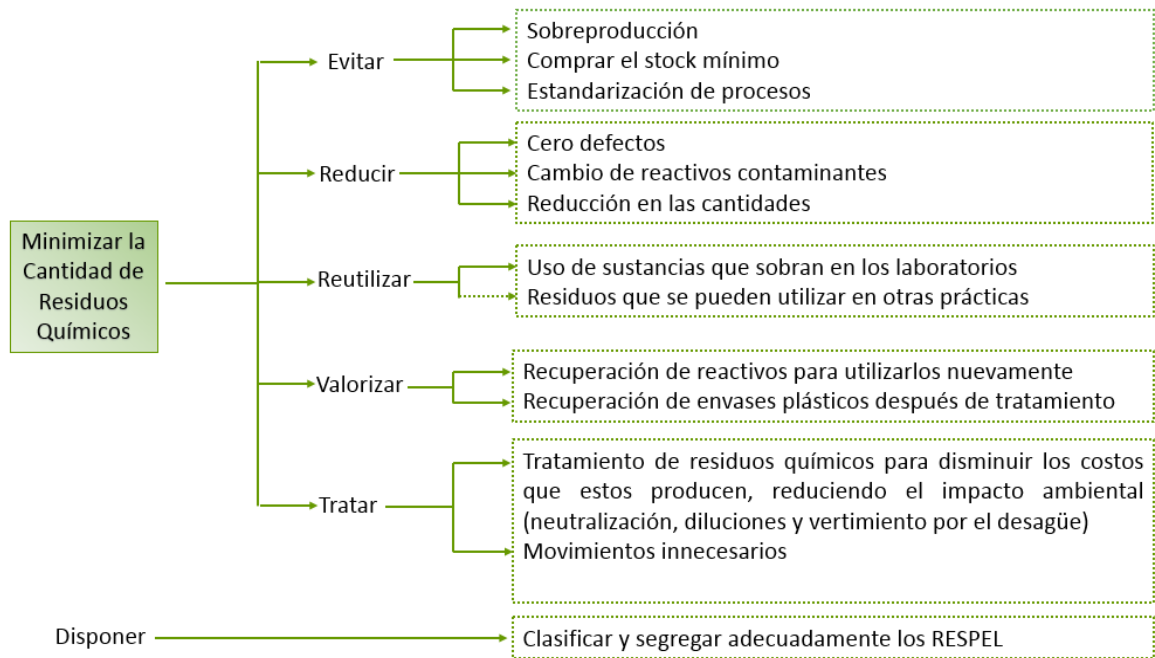


Figura 14. Procesos para el manejo de residuos químicos.

Adaptado de (Riascos & Tupaz, 2015)

Fuente: Autor

Según la estrategias en las que se basa Lean Manufacturing como lo son los 7 desperdicios, las 5s', Standard Work, Total Production Management (TPM), Tack Time (A3), entre otras, la cantidad de residuos químicos generados en la Universidad Icesi se pueden evitar desde la compra de reactivos de acuerdo con la cobertura de las

actividades relacionadas con las practicas académicas, hasta la disposición final, por una empresa calificada para el transporte u eliminación de RESPEL según la normatividad del país vigente (Riascos & Tupaz, 2015).

La disposición final de los residuos químicos generados en los laboratorios, además del riesgo, existe un costo económico que la universidad debe asumir. Debido a ello es de suma importancia iniciar con la elaboración de procedimientos para la minimización de desechos, ya sea desde el stock de inventario, la peligrosidad o el transformando estos residuos en otros no peligrosos o menos contaminantes como se mencionó anteriormente, en la sección 5.8 se evaluarán algunas propuestas que contribuyen a la reducción de residuos químicos producidos en el campus universitario.

5.8. Propuestas para la disminución de residuos químicos producidos en docencia

5.8.1. Elaboración de procedimientos para desactivación

Como se mencionó en la sección anterior, la creación de procedimientos estandarizados operativos promueve la desactivación adecuada de los residuos que se generan en cada una de las prácticas, para ello hay que tener en cuenta algunos aspectos de suma importancia como la clasificación correcta de cada uno de los residuos, ya que si no son segregados adecuadamente la labor de recuperar o tratarlos es mucho más compleja y complicada. El tratamiento de los residuos, no solo se basa en generar procedimientos de desactivación, esto debe estar plasmado en un eficiente plan de manejo residuos, en el cual se debe mencionar con claridad la clasificación de los desechos, teniendo en cuenta las características fisicoquímicas, peligrosidad, patogenicidad, manipulación, recolección y almacenamiento (Vera, 2015).

En nuestro país la mayoría de las universidades e instituciones educativas dejan el tratamiento o disposición final a las empresas especializadas en esta rama, las cuales periódicamente recolectan todos estos residuos y los transportan hasta el sitio donde se va a llevar a cabo la disposición final, en este lugar las sustancias dependiendo de sus características y grados de peligrosidad pueden neutralizarse, eliminarse, incinerarse, entre otros (Vera, 2015). Como se mencionó anteriormente si se realiza una correcta segregación, gran cantidad de estos pueden ser tratados en los laboratorios de la Universidad Icesi, evidenciándose una reducción en los costos de disposición final. El estudio que se realizó con las tres asignaturas mostro una reducción de aproximadamente 304 Kg de residuos siendo esto un 77,78 % menos con respecto al semestre 2017_II.

5.8.2. Implementación de prácticas a partir de residuos químicos

Los residuos químicos de acuerdo con la NTP 480 son sustancias que poseen características que pueden causar algún riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental. En las instituciones, universidades y empresas cada día se está generando mayor cantidad de residuos peligrosos, los cuales son enviados a disposición final, en donde la totalidad de estos son convertidos en desechos los cuales se catalogan como cualquier material, objeto, sustancia, elemento o producto cuyo generador descarta porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó, sin embargo algunas de las sustancias utilizadas en los laboratorios de docencia pueden ser reutilizadas se tratan adecuadamente, evitando de esta manera el uso de reactivos que contribuyen a la producción de nuevos residuos.

En las prácticas de laboratorio se genera todo tipo de residuo químico, sin embargo, si se desarrolla una segregación adecuada al finalizar la práctica estos se podrían recuperar, por ejemplo, el caso de asignaturas que utilicen solventes que no se encuentren mezclados con sustancias tóxicas o cancerígenas, allí se emplearía la destilación como técnica de separación, siendo esta inteligente desde el punto de vista ambiental y económico.

Por otro lado, la profesora M.Ed. Alejandra Pérez Céspedes menciona que los residuos generados en el tratamiento mencionado en el POE de la sección 5.7.1, específicamente el precipitado que contiene cloruro de plata se podría evaluar que tan factible resulta la implementación de una práctica con electroquímica que permita separar la plata obtenida en el precipitado de estos residuos, de esta manera se implementa una nueva práctica de laboratorio de análisis químico que contribuya a la reutilización de los residuos químicos que se generaron en el tratamiento de estos.

Finalmente, uno de los laboratorios que está contribuyendo con este aspecto, es el laboratorio de química orgánica I en la práctica de destilación sencilla y fraccionada, en donde se realiza una mezcla de agua y etanol y al finalizar se obtiene gran parte del etanol adicionado inicialmente, esta solución resultante se reutiliza en la preparación de etanol al 70% p/v el cual es utilizado en el lavado del material de vidrio en los laboratorios de docencia e investigación.

5.8.3. Modificación de guías de laboratorio

Las guías de laboratorio son documentos que contienen como objeto servir de instrumento práctico al proceso de aprendizaje, y es conveniente indicar que para el logro de este objetivo es importante que el estudiante este consiente que necesita de su interés y cooperación a la hora de realizar dichas prácticas académicas. Cada una de estas prácticas desarrolladas e implementadas por los Docentes u auxiliares docentes, tiene como finalidad motivar, incentivar y orientar al estudiante en la comprensión y la

aplicación de los métodos químicos, inculcando de esta manera su habilidad e interés por la investigación.

Generalmente durante los primeros semestres las prácticas consisten en identificar las normas de seguridad e higiene con el fin de sensibilizar y concientizar al estudiante para que desarrolle apropiadamente las prácticas, además del conocimiento básico de material de laboratorio y algunas técnicas de laboratorios con el que se identificara durante su carrera profesional. Las prácticas siguientes tienen como fin desarrollar habilidades y destrezas en el manejo de equipos, materiales y reactivos, asumiendo su labor con criterio analítico basados en principios que pueden ser fácilmente verificables, dando paso a la creatividad y el trabajo en equipo.

Cada una de las guías realizadas en la FCN en la Universidad Icesi tiene como objetivo generar un conocimiento básico que permita al estudiante desarrollar una capacidad de interpretar y entender los resultados que se obtienen en estas, (Lozano, Amparo. Romero, Arnold. Urbina, 2013) mencionan dos tipos de competencias pedagógicas denominadas competencias genéricas y competencias específicas, algunas de las más importantes se mencionan a continuación:

Competencias genéricas:

- Capacidad de aplicar conocimientos creativamente a través de la abstracción, análisis y síntesis.
- Toma de decisiones, organización y planificación.
- Capacidad de trabajo en equipo desarrollando habilidades interpersonales.
- Habilidad investigativa para, buscar, procesar y analizar información procedente del aula, tecnología y otras fuentes.

Competencias específicas:

- Planificación, desarrollo y socialización de procesos investigativos.
- Capacidad para aplicar conocimientos en la solución de problemas cuantitativos y cualitativos.
- Habilidad en el uso de herramientas informáticas.
- Empeñamiento en acciones para la conservación del medio ambiente.

Cada una de estas competencias son inculcadas a los estudiantes desde que comienzan su formación profesional, sin embargo, semestre a semestre algunas de las prácticas de laboratorio son cambiadas con el fin de inculcar otras aptitudes o simplemente porque la técnica que se utiliza hoy en día es diferente. Antes de cambiar una guía de laboratorio es de suma importancia evaluar la peligrosidad y la cantidad de residuos peligrosos que se va a generar si esta se implementa o se modifica, pues esta actividad

estaría contribuyendo al incremento en la cantidad de RESPEL generados en las prácticas académicas y se podría incrementar el riesgo que estos tienen en el ambiente.

5.8.4. Cambio de reactivos a menos contaminantes.

Durante los últimos periodos académicos la modificación o cambio de guías prácticas de laboratorio ha venido incrementándose, cada vez la cantidad de reactivos aumenta sin evaluar o ser conscientes con el impacto ambiental que estos puede generar, algunos de los docentes han sido conscientes y han intentado cambiar las guías en donde se dejen atrás los reactivos y se desarrolle el laboratorio con agua, en donde el principio de la técnica o del conocimiento que se quiere brindar sigue siendo el mismo, pero promoviendo la reducción de residuos químicos. Un ejemplo de estos son los laboratorios de fisicoquímica I, análisis químico, análisis instrumental I y orgánica I, los cuales han tenido algunos cambios en recientes semestres.

Para el curso de análisis químico correspondiente a tercer semestre, la primera práctica denominada “introducción al laboratorio de análisis químico, manejo de material” se usaba permanganato de potasio (KMnO_4) con el fin de teñir y observar una mejor coloración para determinar la cantidad de volumen que se gastaba al transvasar de recipiente y en la toma de alícuotas de material volumétrico, este reactivo es un agente oxidante fuerte y puede ocasionar quemaduras de acuerdo con lo mencionado en la ficha de seguridad, teniendo en cuenta la contaminación y el volumen generado en esta práctica se evaluó la posibilidad de ser cambiado, hoy en día se usa un colorante vegetal que no provoca daños al medio ambiente y puede ser vertido al desagüe al finalizar la práctica, con esto garantizamos que no se generen residuos peligrosos durante la práctica de laboratorio y la peligrosidad se disminuya.

En el laboratorio de fisicoquímica I, se evalúan algunas leyes de la termodinámica, en prácticas que tienen que ver con la transferencia de energía, capacidades caloríficas, entalpías de solubilidad y vaporización, para el desarrollo de estas prácticas la sustancia usada es agua, con ello se asegura que la cantidad de residuos generados sea igual a cero, de esta manera se contribuye a la reducción de reactivos contaminantes facilitando y promoviendo una cultura de responsabilidad ambiental comprometida con la disminución del impacto ambiental.

Otro de los laboratorios es el curso de análisis instrumental I, el cual contaba con 7 prácticas en el periodo 2015_II en las cuales se usaban reactivos y soluciones que contribuían a la generación de residuos peligrosos, para el periodo 2016_II se solicitó realizar algunos cambios en las guías de laboratorio al director del curso Ph.D. Giovanni Rojas Jiménez, aprobando dichos cambios, el trabajo se comenzó a desarrollar por parte de un auxiliar docente en el cual se implementaron prácticas que requerían el

uso de equipos que se encontraban sin uso, además de tener en cuenta la generación mínima de residuos, en este caso se implementaron prácticas de polarimetría, refractometría y espectrofotometría, para las dos primeras las soluciones a utilizar son agua y etanol y agua y sacarosa respectivamente, de esta manera durante dos practicas se obtienen cero residuos.

Finalmente, la profesora Ph.D. Ruby Liseth Pérez ha liderado durante los últimos años las prácticas de química orgánica I, curso que se ofrece para segundo semestre, la docente con el propósito de reducir la cantidad de residuos generados en este laboratorio recolecto cada una de las guías en donde identificó las características de peligrosidad y la compatibilidad de estos, clasificando correctamente cada uno de los residuos producidos en cada práctica, y registrando en cada una de las guías en que recipiente se debe descartar cada una de las sustancias que se van produciendo durante la práctica, esto se realiza para tratar y recuperar gran parte de los reactivos utilizados, los cuales pueden ser reutilizados en las practicas del semestre siguiente. La figura 15 representa lo que se quiere lograr con el cambio de las sustancias contaminantes.

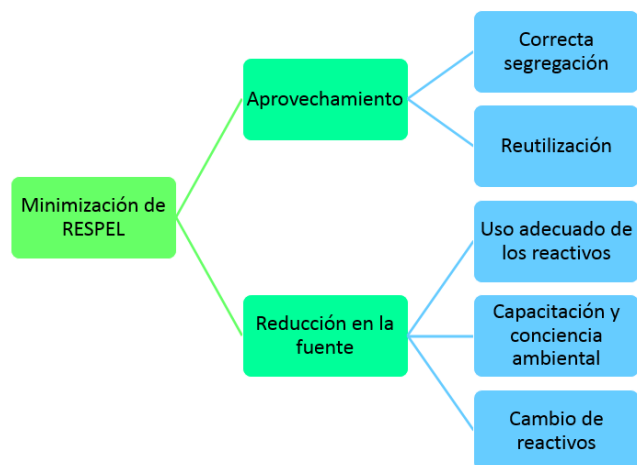


Figura 15. Alternativas de prevención y minimización de residuos químicos.
Adaptado de (Ramírez, 2013)

Con lo mencionado anteriormente, cada día se busca evitar que se generen grandes cantidades de residuos peligrosos y para ello se debe implementar un uso adecuado, consciente y racional de los insumos, modificando las cantidades y sustancias con las que se puedan desarrollar las practicas implicando una menor contaminación, de esta manera se optimiza el proceso involucrando buenas prácticas siendo amigables con el medio ambiente (Ramírez, 2013).

5.8.5. Creación de un laboratorio para el tratamiento de residuos químicos



Imagen 8. Bodega de almacenamiento de residuos químicos.

Fuente: Autor

En una reunión junto con la Coordinación de laboratorios, el personal encargado de SOMA y 2 auxiliares docentes se planteó realizar un laboratorio en el espacio donde actualmente se guardan los residuos químicos generados en los laboratorios (Imagen 8). Actualmente en este espacio se encuentran estanterías separadas de acuerdo con la clasificación según la norma NTP 480, los cuales al estar casi completos se solicita el tratamiento a un agente externo que se encarga de la recolección y su disposición final.

Para este proyecto se debe realizar un estudio de factibilidad a mediano y largo plazo, costos en el adecuamiento del lugar, personal capacitado para el tratamiento de residuos químicos, material y equipos necesarios para un correcto tratamiento, además se deben desarrollar los procedimientos de operación para la desactivación de residuos químicos, entre otros.

Si la universidad Icesi desea contar con un espacio para el tratamiento se debe asegurar que se cuente con la infraestructura y dotación adecuada (figura 16). De acuerdo con el (Decreto 4741, 2005), el tiempo de almacenamiento de residuos debe ser el más corto posible y no puede superar los 12 meses en las estanterías (Riascos & Tupaz, 2015), mencionan algunas características con las que debe contar un lugar para el almacenamiento los cuales se pueden adaptar a espacios que se dispongan a almacenar y tratar los residuos químicos, entre estos se encuentran:

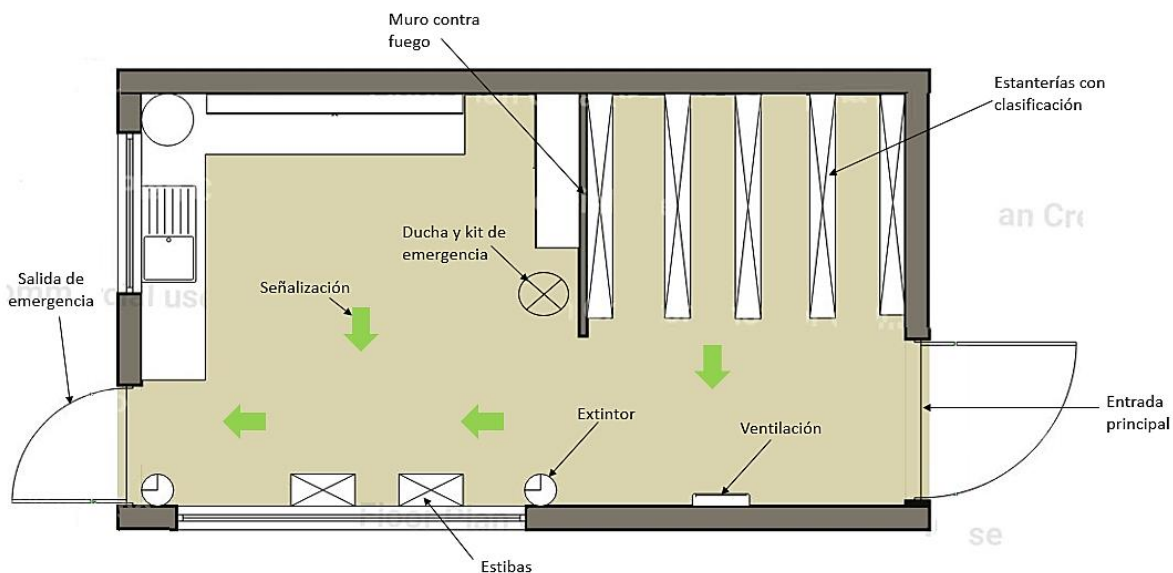


Figura 16. Esquema del lugar para el tratamiento y almacenamiento de residuos químicos.

Fuente: Autor

- El área a disposición del tratamiento y almacenamiento de residuos será exclusiva para este uso, no se podrán almacenar materiales de construcción, cilindros de gas comprimidos (llenos o vacíos), materiales de oficina, herramientas, entre otros.
- Se debe mantener el orden y aseo en el lugar.
- El área debe ser diseñada de manera que permita la separación entre tratamiento y almacenamiento, además esta última debe tener una separación entre sustancias incompatibles con las estanterías ancladas a la pared y que permitan movimientos y manejo seguro de los RESPEL.
- Deben de existir dos puertas una de ingreso y otra de emergencia, las cuales deben abrirse en el sentido de la evacuación sin llaves y con resistencia al fuego.
- El área debe encontrarse a fuera del edificio L, o al menos no cerca a los salones de clases o laboratorios.
- El lugar debe encontrarse retirado del almacén de reactivos, para prevenir accidentes en caso de una irregularidad.

- Se debe señalizar adecuadamente, esta debe encontrarse en lugares visibles y de fácil interpretación puesto que se tienen residuos peligrosos almacenados, (Riascos & Tupaz, 2015) recomiendan seguir los pictogramas de acuerdo con la NTC 1461 sobre higiene y seguridad (ver figura 17).
- El sitio debe tener ventilación natural o con aire acondicionado dependiendo de las sustancias almacenadas y la necesidad de proveer condiciones adecuadas de trabajo (la temperatura no puede ser superior a 30°C).
- El suelo debe ser impermeable con el fin de evitar la filtración de contaminantes y ser resistente a sustancias y/o residuos que se almacenan.
- Todos los envases deben estar rotulados adecuadamente, de forma clara y legible. Esto promueve a que las personas encargadas del transporte, manejo o tratamiento tengan las precauciones necesarias (Riascos & Tupaz, 2015).



Figura 17. Señales y signos de acuerdo con la norma técnica colombiana higiene y seguridad

Fuente: (NTC 1461, 1987)

5.8.6. Clasificación adecuada de residuos

En la evaluación de cada una de las prácticas de laboratorios según las asignaturas con más residuos generados en el periodo 2017_II, se encontró que no se estaba haciendo una correcta segregación de los residuos químicos, además de evidenciar que algunos se podían tratar reduciendo la peligrosidad de estos, en la tabla 12 se mencionan los casos que se encontraron.

Tabla 12. Forma correcta de segregar los residuos químicos.

Asignatura	Almacenamiento anterior	Almacenamiento posterior	Propuesta de tratamiento Final
Análisis Químico P01	IIIA	-	Vertimiento
Análisis Químico P06	IIIB	IV	Neutralización y verter
Análisis Químico P09	IV	VII	Presencia de Selenio
Control fisicoquímico y microbiológico P03	VII	IV	Neutralizar y verter
Control fisicoquímico y microbiológico P04	VII	IV	Neutralizar y verter
Control fisicoquímico y microbiológico P06	VII	VII y IIA	Realizar una clasificación correcta
Farmacotecnia II P01	VII	IV	Neutralizar y verter
Farmacotecnia II P02	VII	IV	Neutralizar y verter
Farmacotecnia II P05	VII	IV	Neutralizar y verter

Como se mencionó en la propuesta anterior y en la tabla 12, es muy importante realizar una adecuada segregación, clasificación y etiquetado de residuos químicos, la Universidad Icesi actualmente está basando estos procedimientos de acuerdo con la NTP 480, sin embargo, la clasificación no está cumpliendo a cabalidad con esta, puesto que la (NTP 480, 1998) menciona que para el establecimiento de los grupos de clasificación es necesario realizar un estudio de las actividades realizadas en la universidad, lo cual no se ha realizado, pues la clasificación que se tiene hasta el momento es en base a los reactivos utilizados en las practicas, mas no en lo que se está produciendo en esta.

Esta problemática puede conllevar a riesgos en el almacenamiento de los desechos, un ejemplo es la mezcla de ácidos, la (NTP 480, 1998) menciona que se debe tener en cuenta la función de la composición y la concentración, pues se puede generar alguna reacción química peligrosa con el desprendimiento de gases tóxicos e incremento de la temperatura. Con el fin de disminuir cualquier posible actividad entre las soluciones, se debe realizar una prueba con pequeñas cantidades, y en caso de un resultado

negativo se pueden almacenar en el mismo envase, en caso contrario estos se recogerán por separado.

Algunas de las incompatibilidades que más se destacan son las que se presenta con el grupo VII (especiales), al ser sustancias especiales su tratamiento o disposición final va a ser más complicada de realizar y se desea producir la mínima cantidad de estos, por lo tanto, se debe tener presente que los desechos de este grupo nunca se mezclaran entre ellos ni con los otros grupos (NTP 480, 1998). Durante el transcurso del semestre 2017_II se presentó una incompatibilidad entre los residuos depositados en un mismo envase, esto ocurrió en el laboratorio de nutrición, en la práctica se desecharon residuos de aminoácidos, emulsión lipídica, sulfato de magnesio, fosfato de potasio, de sodio, cloruro de potasio. Al transcurrir el tiempo el recipiente se comenzó a expandir tal como se muestra en la tabla 12. Esto ocurrió debido a que no se realizó una adecuada segregación de los residuos obtenidos en donde se almacenó una emulsión lipídica (moléculas orgánicas presentes en las grasas) y residuos de aminoácidos, la profesora del laboratorio de nutrición Q.F. Karol Marcillo menciona que al ser almacenar estos elementos, aportaron todas la condiciones y factores necesarios para las bacterias se proliferaran tales como el pH, la temperatura, la humedad y el oxígeno lo que conlleva a que estas comenzaran a producir CO₂ (gaseoso) y por esto el envase plástico se expandió. La química farmacéutica sugiere que una vez terminada la práctica estos envases sean tratados lo más pronto posible, para evitar la expansión de estos en el lugar de almacenamiento.



Imagen 9. Expansión de envase de almacenamiento por formación de gases.

Fuente: Autor

Para la implementación de una correcta clasificación, se debe iniciar con la sensibilización del personal, con esto se asegura de que cada uno conozcan los conceptos e impactos de prevención de la contaminación asociado con los desechos

químicos. (Kihampa & Hellar-Kihampa, 2015) menciona que es fundamental dotar de conocimientos, habilidades y tecnologías adecuadas a cada uno de los colaboradores que se encuentren en esta área, pues ellos juegan un papel importante en el desempeño de los procesos de gestión de residuos de laboratorio, especialmente en la minimización de la contaminación. Un estudio realizado por (Castrillón & Puerta, 2012) evaluaron el impacto del manejo integral de residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista, en donde se determinó que factores como la educación y la responsabilidad ambiental influyen mucho en una correcta clasificación evidenciándose ahorros de \$ 6.853.571 pesos en servicios de recolección, transporte y disposición final de desechos.

CONCLUSIONES

- ✓ Las prácticas implementadas permitieron cuantificar la cantidad de residuos químicos generados en el área de docencia, encontrando los laboratorios que generaron más residuos durante el semestre, generando estos tres un 39.09 % de los residuos totales.
- ✓ La disposición final de los residuos químicos generados en la universidad, además del riesgo, implica un costo económico que la universidad debe asumir. Debido a esto es importante iniciar con la gestión de procedimientos para la minimización de estos residuos, ya sea por la modificación de sustancias, modificación de guías de laboratorio, reutilización de reactivos o la transformación de estos desechos en otros no peligrosos, aplicando técnicas de separación, filtración, precipitación, destilación, neutralización, entre otras.
- ✓ El gran incremento en la producción de los RESPEL y una segregación no adecuada supone un problema para su tratamiento, esto se puede empeorar por la escasa participación de docentes, alumnos, auxiliares docentes, colaboradores e investigadores.
- ✓ El uso de un espacio físico para el tratamiento de residuos es de gran beneficio, sin embargo, este debe contar con la dotación adecuada, seguridad y se vería la necesidad de disponer personal capacitado, que entre sus funciones se encuentre el tratamiento de los residuos y la creación de procedimientos para este fin, además los colaboradores que forman parte de la comunidad universitaria deben ser formados y sensibilizados en materia.
- ✓ Con un tratamiento adecuado se podría reducir gran cantidad de residuos químicos, para ello se debe realizar una evaluación de cada una de las guías como se desarrolló en este proyecto, en donde se logró disminuir un 81.62% de los residuos químicos como sales inorgánicas, residuos de nitrato de plata, residuos de otros hidroxilos, residuos de ácidos y bases, producidas en las tres asignaturas mencionadas.
- ✓ De acuerdo con la evaluación se determinó que la etapa de segregación y clasificación es determinante para las acciones en la disminución de la cantidad de residuos generados en los laboratorios de química, pues la apropiada aplicación de esta depende en parte del docente, estudiante, auxiliar docente y de la metodología descrita en las guías de laboratorio.

- ✓ Con respecto a la caracterización de residuos químicos, se infirió que el 19% de estos correspondió a ácidos y bases, los cuales se hubiesen podido tratar mediante técnicas de filtración y neutralización, reduciéndose 194.39 Kg de residuos lo que equivale aproximadamente a \$ 2.200.390 pesos colombianos.

RECOMENDACIONES

- ✓ Debido a que la Universidad Icesi requiere disminuir los costos asociados a la disposición final de los residuos químicos. Se le sugiere a la institución realizar una evaluación de cada una de las prácticas, con el fin de elaborar una correcta segregación de residuos peligrosos lo más oportunamente, esto con el fin de clasificar adecuadamente cada uno de estos y proceder a desarrollar procedimientos operativos estandarizados que disminuyan la cantidad de residuos enviados a tratamiento pues muchos de estos se pueden tratar mediante técnicas analíticas, utilizando materiales y reactivos con los que se cuentan actualmente en la universidad.
- ✓ Se recomienda estudiar la posibilidad de la creación de una instalación para tratamiento de residuos, en donde se almacenen y se realice la correcta desactivación de desechos químicos generados en los laboratorios de docencia e investigación, teniendo en cuenta las recomendaciones mencionadas anteriormente, logrando la Universidad Icesi una mayor contribución ambiental y económica. Se recomienda estudiar las zonas ya evaluadas y propuestas en este documento (como lo son los laboratorios del edificio L y el espacio de almacenamiento temporal de los residuos químicos) para futuros proyectos.
- ✓ De acuerdo con los objetivos desarrollados en este trabajo, se evidenció que el manejo integral de residuos químicos como la producción, segregación, almacenamiento, clasificación y disposición, son los pilares para un adecuado tratamiento, por lo que se debe dar una inducción a todos los docentes, estudiantes, investigadores y colaboradores en donde se exponga la importancia del manejo integral de los residuos, en donde se exponga la educación ambiental referente al manejo adecuado de los RESPEL y la repercusión que tienen estos sobre el medio ambiente y la salud de la comunidad universitaria.
- ✓ La Universidad Icesi debe implementar una Política Ambiental en cabeza de la Coordinación Académica y Administrativa de los laboratorios, en donde se contemplen los compromisos de los estudiantes e investigadores, con el fin de garantizar la conservación del medio ambiente y la calidad de vida. Además, el área de investigación debe contemplar los costos asociados a la disposición final de los residuos químicos que se generen durante el desarrollo de cada proyecto, de esta manera se direccionan estos valores asociados desde el inicio de cada uno de los proyectos, garantizándose el manejo integral de los reactivos y residuos químicos.

6. REFERENCIAS

- Ardila, A., & Mejía, L. (2012). Metodología para la segregación de residuos químicos generados en el laboratorio de bioquímica y nutrición animal del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 7(1), 68–79.
- Benitez, R. M., Blanes, M. E., Patricia, S., Ahuad, H., Giménez, C. E., María, C., ... Agroindustrias, F. De. (2005). Guía para el manejo de residuos químicos en el laboratorio.
- Bertini, L. M., & Cicerone, D. S. (2009). *Gestión de Residuos Generados en Laboratorios Universitarias con Participación Activa del Alumnado*.
- Cardoso, C., Bozelli, R., & Esteves, F. de A. (2011). Gerenciamento de resíduos químicos em um laboratório de ensino e pesquisa: a experiência do laboratório de limnologia da UFRJ. *Eclética Química*, 36(2), 85–104.
- Carlos, J., Barrantes, M., Marín, G. P., Salazar, R. P., Barboza, G. C., & Ramírez, D. B. (2012). Gestión de desechos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional. *Tecnología En Marcha*, 25(1), 64–69.
- Castrillón, O., & Puerta, S. (2012). Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista. *Lasallista de Investigación*, 1(1), 15–21. Retrieved from <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/174>
- Cisneros, C. (2008). *Guías de laboratorio de Química Orgánica I*. (USC, Ed.).
- Decreto27001. (2017). *Decreto ejecutivo 27001 Manejo de Desechos Peligrosos Industriales*. Retrieved from [http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/Reglamento 27001.pdf](http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/Reglamento%2027001.pdf)
- Decreto4741. (2005). Decreto Número 4741 de 2005.
- Dzul, M. (2013). Aplicación básica de los métodos científicos. Retrieved from <http://www.uaeh.edu.mx/virtual>
- Estrada, J. E. (2011). " Tratamiento de residuos químicos peligrosos generados en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos ." *Tesis*, 87. Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/986/1/Estrada_aj.pdf
- Kihampa, C., & Hellar-Kihampa, H. (2015). Environmental and public health risks associated with chemical waste from research and educational laboratories in Dar es Salaam, Tanzania. *Journal of Chemical Health and Safety*, 22(6), 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2015.01.015>
- Ley1252. (2008). Ley 1252 De 2008, 2008(47), 1–13.

- Lozano, Amparo. Romero, Arnold. Urbina, J. (2013). *Manual de Prácticas de Laboratorio Química General. Universidad Industrial de Santander* (Vol. 1). https://doi.org/10.1007/128_2013_435
- Martínez, J. (2005). Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos.
- Minitab, S. S. (2018). Minitab 18.
- Mooney, B. D. (2004). Effectively minimizing hazardous waste in academia : The Green Chemistry approach. *Chemical Health & Safety*, 11, 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.chs.2004.02.004>
- NTC1461. (1987). NTC 1461. Higiene Y Seguridad. Colores Y Señales De Seguridad, 18.
- NTP276. (1997). *NTP 276: Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales.* NTP276. Retrieved from http://www2.uca.es/serv/prevencion/higiene/normas_generales_seguridad_y_salud/NTP_276.PDF
- NTP480. (1998). *NTP 480 : La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación.* Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_480.pdf
- Pérez, J. (2009). *Manual de prevención docente: riesgos laborales en el sector de la enseñanza.* (L. Nau, Ed.).
- Ramírez, L. (2013). Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos Universidad de Cauca.
- Riascos, L., & Tupaz, M. (2015). Propuesta para el Manejo de Residuos Químicos en los Laboratorios de Química de la Universidad de Nariño, 167.
- Rodríguez, H. (2012). *Gestión integral de residuos sólidos.* (C. de educación a Distancia, Ed.).
- Rodríguez, J. (2014). *Análisis del Grado de Contaminación Provenientes por el Desarrollo de Prácticas de laboratorio en la Universidad de Nariño.* Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- Ruiz Aguilar, G., Fernández Sánchez, J. M., & Rodríguez Vázquez, R. (2001). Residuos peligrosos : grave riesgo ambiental. *Avance Y Perspectiva*, 20, 151–158. Retrieved from <http://www.ingenieroambiental.com/4014/grave.pdf>
- Sigma-Aldrich. (2012). Hoja Técnica de Seguridad (Tintura de Iodo), 1–8.
- Trujillo, F. (2011). *Guía de manejo de residuos químicos Universidad Autónoma de Occidente.*
- Universidad Icesi. (2016). Icesi en Cifras, 12–13.

Univesidad Santiago de Cali. (2017). Sistema de Gestión Ambiental. Retrieved from <http://www.usc.edu.co/index.php/sistema-de-gestion-de-calidad/sistema-de-gestion-ambiental>

Vera, J. (2015). Formulación de una propuesta metodológica para la gestión integral de residuos químicos peligrosos en instituciones de educación superior. *Informador Técnico*, 79(2), 169–179. Retrieved from <http://www.ingenieroambiental.com/4014/grave.pdf>

7. ANEXOS

Anexo 1. Glosario de términos que usados en este trabajo.

Acumulación: Recolección o agrupación en grandes cantidades de algo.

Almacenamiento: Deposito temporal de residuos o desechos peligrosos en un espacio físico definido y por un tiempo determinado con carácter previo a su tratamiento y/o disposición final.

Disposición final: Es el proceso de aislar y confiar los residuos o desechos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente diseñados, seleccionados y debidamente autorizados para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

Generador: Cualquier persona cuya actividad produzca residuos o desechos peligrosos. Si la persona es desconocida será la persona que está en posesión de estos residuos.

Gestión Integral: Conjunto articulado e interrelacionado de acciones de política, normativas, operativas, de planeación, financieras, administrativas, sociales, educativas, de evaluación, seguimiento y monitoreo desde la prevención de la generación hasta la disposición final de los residuos o desechos peligrosos, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades de cada localidad o región.

Residuo o desecho peligroso (RESPEL): Aquel que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas inflamables, volátiles combustibles o reactivas puedan causar riesgo la salud huma o deteriorar la calidad ambiental. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuo o desecho: Es cualquier material, objeto, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido os semisólido, líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo genero o porque la legislación o la normativa vigente así lo estipula.

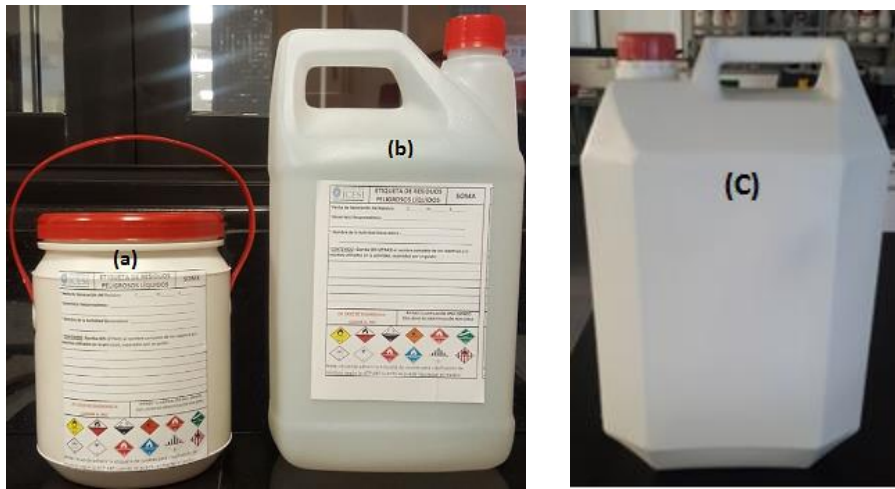
Riesgo: probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana y/o al ambiente.

Reactivo: Sustancia que, por si capacidad de provocar determinadas reacciones, sirve en los ensayos y análisis químicos para revelar la presencia o medir la cantidad de otra sustancia.

Transporte: Vehículo o medio que se usa para trasladar personas o cosas de un lugar a otro.

Tratamiento: Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos o desechos peligrosos, teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de estos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente.

Anexo 2. Tipo de envase para almacenamiento de residuos químicos en laboratorios. **(a)** Envase plástico para residuos sólidos (docencia), **(b)** envase plástico para residuos líquidos, **(c)**, envase plástico para residuos sólidos (investigación).



Anexo 3. Etiqueta de residuos peligrosos en Universidad Icesi.

UNIVERSIDAD ICESI		ETIQUETA DE RESIDUOS PELIGROSOS LÍQUIDOS	SOMA
* Fecha de Generación del Residuo: D ____ M ____ A ____			
* Docente(s) Responsable(s): _____			
* Nombre de la Actividad Generadora : _____			
* CONTENIDO: Escriba (EN LETRAS) el nombre completo de los reactivos y/o insumos utilizados en la actividad, separados por un guión:			

EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A: #00		¡RIESGO! CLASIFICACIÓN ONU: ESPACIO ESCLUSIVO DE IDENTIFICACIÓN POR SOMA	
Nota: recuerde adherir la etiqueta de colores para clasificación de residuos según la NTP 480 cuando se pueda recolectar el residuo			

Anexo 4. Listado de fuentes generadoras de residuos químicos de acuerdo con programa académico que ofrece la asignatura.

Programa académico	Laboratorio de docencia
Química	Análisis Instrumental I
	Análisis Instrumental II
	Fisicoquímica I
	Fisicoquímica II
	Análisis Químico
	Química Orgánica I
	Química Orgánica II
	Química Orgánica III
	Bioquímica CN
	Química General I
	Química General II
	Bioquímica Avanzada
	Enzimología
	Química Inorgánica
Química Farmacéutica	Control Fisicoquímico y Microbiológico
	Fitoquímica
	Farmacotecnia I
	Farmacotecnia II
	Cosmética
	Biofarmacia
	Toxicología
	Nutrición
	Farmacia Industrial
Biología	Biotecnología
	Biología general
	Biología celular
	Microbiología
	Botánica
	Fisiología Animal
	Genética
	Fisiología Vegetal
Medicina	Microbiología medica
	Bioquímica I
	Bioquímica II
Ingeniería Bioquímica	Microbiología Industrial

	Bioanálisis
	Química General Ingeniería Bioquímica
Electivas	Hagamos Química en el Laboratorio
	Química de Aromas y Sabores
Ingeniería Industrial	Química General Ingeniería industrial

Anexo 5. Recolección de información en cada una de las prácticas desarrolladas en la FCN en el periodo 2017_II.

fecha	materia	No estudió	profesor	RESUMEN	CODIGO MA	CANTIDAD	TIPO
3-ago-17	2121_P07_G03	24	JORGE IVAN ZAPATA	Laboratorio de Microbiología médica; (P07, G03) - Profesor: JORGE IVAN ZAPATA, 2121	2121		
8-ago-17	2121_P14_G01	24	MARIA YANETH ARAMGO	Laboratorio de Microbiología médica; (P14, G01) - Profesor: MARIA YANETH ARAMGO, 2121	2121		
8-ago-17	2121_P14_G05	24	MARIA YANETH ARAMGO	Laboratorio de Microbiología médica; (P14, G05) - Profesor: MARIA YANETH ARAMGO, 2121	2121		
8-ago-17	26013_P02_G01	20	Maria Alejandra Castellanos	Laboratorio de Fisiocquímica II; (P02, G01) - Profesor: Maria Alejandra Castellanos, 26013	26013		
8-ago-17	26103_P03_G01	14	Julieth Abadía	Laboratorio Química General Ing. BQCA; (P03, G01) - Profesor: Julieth Abadía, 26103	26103		
9-ago-17	26013_P02_G03	16	Maria Alejandra Castellanos	Laboratorio de Fisiocquímica II; (P02, G03) - Profesor: Maria Alejandra Castellanos, 26013	26013		
9-ago-17	26038_P16_G03	8	Karol Johana Marcell Padiña	Laboratorio de Nutrición y Bromatología; (P16, G03) - Profesor: Karol Johana Marcell, 26038	26038		
9-ago-17	26042_P01_G01	21	Mari del Carmen Rave	Laboratorio de Control fisicoquímico y microbiológico; (P01, G01) - Profesor: Mari del, 26042	26042		
9-ago-17	26103_P03_G03	13	Julieth Abadía	Laboratorio Química General Ing. BQCA; (P03, G03) - Profesor: Julieth Abadía, 26103	26103		
10-ago-17	2121_P09_G03	24	JORGE IVAN ZAPATA	Laboratorio de Microbiología médica; (P09, G03) - Profesor: JORGE IVAN ZAPATA, 2121	2121		
10-ago-17	26013_P02_G05	20	Maria Alejandra Castellanos	Laboratorio de Fisiocquímica II; (P02, G05) - Profesor: Maria Alejandra Castellanos, 26013	26013		
11-ago-17	21015_P11	2	Andrea Carolina Aguirre Rodriguez	Laboratorio de Microbiología; (P11, P11) - Profesor: Andrea Carolina Aguirre Rodriguez, 21015	21015		
11-ago-17	21015_P12	2	Andrea Carolina Aguirre Rodriguez	Laboratorio de Microbiología; (P12, P12) - Profesor: Andrea Carolina Aguirre Rodriguez, 21015	21015		
12-ago-17	26042_P01_G03	13	ESTEFANIA VÁSQUEZ	Laboratorio de Control fisicoquímico y microbiológico; (P01, G03) - Profesor: ESTEF, 26042	26042		
14-ago-17	21007_P01_G01	26	Olga Bettiz Barragan	Laboratorio de Biología celular; (P01, G01) - Profesor: Olga Bettiz Barragan, 21007	21007		
14-ago-17	21007_P01_G03	25	Olga Bettiz Barragan	Laboratorio de Biología celular; (P01, G03) - Profesor: Olga Bettiz Barragan, 21007	21007		
14-ago-17	26038_P16_G01	14	Karol Johana Marcell Padiña	Laboratorio de Nutrición y Bromatología; (P16, G01) - Profesor: Karol Johana Marcell, 26038	26038		
14-ago-17	26115_P08_G01	24	Julieth Abadía	Efectivas con Laboratorio; (P08, G01) - Profesor: Julieth Abadía, 26115	26115		
15-ago-17	21001_P01_G05	24	Edgar Barrera Sabogal	Laboratorio de Biología general; (P01, G05) - Profesor: Edgar Barrera Sabogal, 21001	21001		
15-ago-17	21007_P01_G05	24	Edgar Barrera Sabogal	Laboratorio de Biología celular; (P01, G05) - Profesor: Edgar Barrera Sabogal, 21007	21007		
15-ago-17	21015_P01_G05	25	Andrea Carolina Aguirre Rodriguez	Laboratorio de Microbiología; (P01, G05) - Profesor: Andrea Carolina Aguirre Rodriguez, 21015	21015		
15-ago-17	21017_P02_G01	18	MARIA CAMILA PIZANO	Laboratorio de Botánica; (P02, G01) - Profesor: MARIA CAMILA PIZANO, 21017	21017		
15-ago-17	26001_P01_G07	13	Juan Sebastian Rey	Laboratorio de Química General I; (P01, G07) - Profesor: Juan Sebastian Rey, 26001	26001		
15-ago-17	26005_P15_G03	21	Licelly Canizales Gonzalez	Laboratorio de Bioquímica; (P15, G03) - Profesor: Licelly Canizales Gonzalez, 26005	26005		
15-ago-17	26023_P05_G03	6	Ramiro Sanchez Chavez	Laboratorio de Análisis instrumental I; (P05, G03) - Profesor: Ramiro Sanchez Chavez, 26023	26023		
15-ago-17	26023_P05_G05	8	Ramiro Sanchez Chavez	Laboratorio de Análisis instrumental I; (P05, G05) - Profesor: Ramiro Sanchez Chavez, 26023	26023		
15-ago-17	26103_P01_G03	13	Julieth Abadía	Laboratorio Química General II; (P01, G03) - Profesor: Julieth Abadía, 26103	26103		
15-ago-17	26103_P01_G07	24	Julian Andrés García	Laboratorio Química General II; (P01, G07) - Profesor: Julian Andrés García, 26103	26103		
15-ago-17	26109_P02_G01	14	Julieth Abadía	Laboratorio Química General Ing. BQCA; (P02, G01) - Profesor: Julieth Abadía, 26109	26109		
16-ago-17	21001_P01_G01	25	Edgar Barrera Sabogal	Laboratorio de Biología general; (P01, G01) - Profesor: Edgar Barrera Sabogal, 21001	21001		
16-ago-17	21001_P01_G03	25	Edgar Barrera Sabogal	Laboratorio de Biología general; (P01, G03) - Profesor: Edgar Barrera Sabogal, 21001	21001		
16-ago-17	21007_P01_G11	24	Olga Bettiz Barragan	Laboratorio de Biología celular; (P01, G11) - Profesor: Olga Bettiz Barragan, 21007	21007		
16-ago-17	26005_P15_G03	21	Maria Lorena Carmona	Laboratorio de Bioquímica; (P15, G03) - Profesor: Maria Lorena Carmona, 26005	26005		


Anexo 7. Número de prácticas desarrolladas por cada asignatura.

Programa académico	Laboratorio de docencia	No. De Prácticas	No. Prácticas/Semestre	Cantidad de RESPEL (Kg)
Química	Análisis Instrumental I	6	36	17,02
	*Análisis Instrumental II	7	7	13,36
	Fisicoquímica I	7	21	34,75
	Fisicoquímica II	8	24	50,03
	Análisis Químico	11	33	224,07
	Química Orgánica I	6	36	14,17
	Química Orgánica II	7	21	30,30
	*Química Orgánica III	9	9	N/A
	Bioquímica CN	8	40	44,48
	Química General I	8	32	34,18
	Química General II	8	40	49,47
	*Bioquímica Avanzada	4	4	0
	*Enzimología	2	4	0,80
	*Química Inorgánica	9	9	0
	Hagamos Química en el Laboratorio	8	8	18,22
	Química de Aromas y Sabores	5	5	0,29
Química del deporte	3	3	0,80	
Química Farmacéutica	Control Fisicoquímico y Microbiológico	10	20	79,76
	Fitoquímica	6	24	42,58
	Farmacotecnia I	9	18	51,36
	Farmacotecnia II	10	30	87,04
	Cosmética	7	7	0,53
	Biofarmacia	5	10	15,11
	Toxicología	7	14	3,99
	Nutrición	7	14	14,37
	Farmacia Industrial	9	9	59,24
Biología	Biotecnología	9	27	3,66
	Biología general	2	6	0
	Biología celular	5	60	10,88

	Microbiología	11	33	27,09
	Botánica	9	9	0
	Fisiología Animal	6	12	0
	Genética	3	3	N/A
	*Fisiología Vegetal	7	13	N/A
Medicina	Microbiología medica	16	48	3,87
	Bioquímica I	2	8	5,61
	Bioquímica II	3	12	2,42
Ingeniería	Microbiología Industrial	9	9	13,49
	Biocatálisis	8	16	20,23
	Química General Ingeniería Bioquímica	7	21	12,20
	Química General Ingeniería industrial	7	21	3,60

* Las asignaturas se ofertan anual

Anexo 8. Procedimiento operativo estandarizado de soluciones que contienen nitrato de plata.

 <p>UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales</p>	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISION: 16- Marzo - 2018	FECHA DE APLICACION:

La universidad Icesi, propondrá procedimientos y operaciones para minimizar la cantidad de residuos peligrosos generados en los laboratorios de docencia de la Facultad de Ciencias Naturales, con el fin de reducir el impacto sobre el medio ambiente. Al generar un residuo peligroso (RESPEL) en los laboratorios, la universidad promoverá el reciclado, pretratamiento, tratamiento y disposición final, con el objetivo de reducir los efectos indeseables sobre la salud de los estudiantes, docentes, colaboradores y visitantes.

La minimización de los residuos químicos es la disminución en lo posible de los residuos peligrosos que son generados en cada práctica de laboratorio, pretratamiento, almacenaje o vertimiento, reduciendo el volumen total, la cantidad de RESPEL, la peligrosidad o toxicidad.

La universidad Icesi como responsable de la Gestión Ambiental Institucional, presenta estos procedimientos operativos como un aporte de la institución al ambiente, mediante el manejo y disposición final adecuada de los residuos generados en las actividades académicas de la universidad.

I. OBJETIVO

Establecer un procedimiento y las condiciones necesarias para el adecuado pretratamiento de soluciones que contienen nitrato de plata generado en los procesos realizados en los laboratorios de análisis químico de la Universidad Icesi, con el fin de minimizar los posibles riesgos ambientales.

II. ALCANCE


Dirigido a Docentes, auxiliares docentes, estudiantes, investigadores, proveedores del servicio de recolección y disposición final y a quien le pueda interesar.

III. DEFINICIONES

Almacenamiento: Deposito temporal de residuos o desechos peligrosos en un espacio físico definido y por un tiempo determinado con carácter previo a su tratamiento y/o disposición final.

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
Página 1 de 12		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

 UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISION: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

Disposición final: Es el proceso de aislar y confiar los residuos o desechos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente diseñados, seleccionados y debidamente autorizados para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

Elementos de protección personal (EPP): Son cualquier equipo o dispositivo destinado para ser utilizado o sujetado por el trabajador, el fin de protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o su salud en el trabajo.

Ficha técnica de seguridad: Documento que describe los riesgos de un material peligroso y suministra información de la manipulación, uso y almacenamiento con seguridad.

Generador: Cualquier persona cuya actividad produzca residuos o desechos peligrosos. Si la persona es desconocida será la persona que está en posesión de estos residuos.

Pretratamiento: Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos o desechos peligrosos para minimizarlos riesgos para la salud y el medio ambiente.

Residuo de laboratorio: Aquel que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas inflamables, volátiles combustibles o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.


Riesgo: probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana y/o al ambiente.

Tratamiento: Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos o desechos peligrosos, teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de estos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente.

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
Página 2 de 12		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

FT001.01

 UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CODIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISIÓN: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

IV. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad de la coordinación de laboratorios, auxiliar docente y/o personal encargado del tratamiento vigilar que este procedimiento se cumpla.

Es responsabilidad del docente, estudiante, auxiliares docentes, investigadores, proveedores del servicio de recolección y disposición final y a quien le pueda interesar, leer este procedimiento de manera detallada y tenerlo a la vista cuando esté realizando la desactivación del residuo químico.

V. MATERIALES Y EQUIPOS

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- ✓ Bata de seguridad
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Guantes de nitrilo


MATERIALES DE VIDRIO Y OTROS

- ✓ Beaker 5 L (2)
- ✓ Beaker 100 mL (1)
- ✓ Beaker 250 mL (1)
- ✓ Pipeta Pasteur (3)
- ✓ Magneto de 5 cm (2)
- ✓ Saca magneto (1)
- ✓ Equipo de filtración al vacío (2)
- ✓ Trampa de vacío (2)
- ✓ Manguera (1)
- ✓ Papel filtro (1 caja)
- ✓ Frasco Lavador (1)
- ✓ Espátula acanalada (1)

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
Página 3 de 12		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

FT001.01

 UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISION: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

- ✓ Envase de desecho de residuos sólidos (1)

REACTIVOS

- ✓ Solución Buffer pH: 4,00
- ✓ Solución Buffer pH: 7,00
- ✓ Cloruro de sodio
- ✓ Nitrato de plata 5%
- ✓ Hidróxido de potasio
- ✓ Ácido sulfúrico

EQUPOS

- ✓ Plancha con agitación
- ✓ pH-metro
- ✓ Bomba de vacío

VI. PROCEDIMIENTO

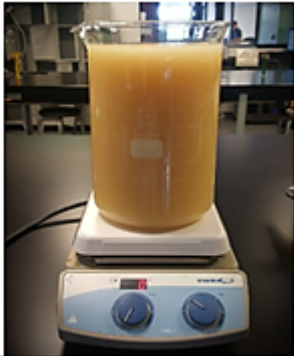
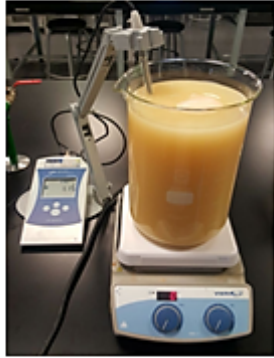
En la práctica de análisis químico, se llevan a cabo una serie de reacciones químicas en las que se forman precipitados, entre ellos el cloruro de plata, para ello es de gran importancia realizar un adecuado tratamiento con el fin de minimizar la cantidad que se genera, esta práctica contiene sustancias como: ácido nítrico, cloruro de sodio, cromato de potasio, disclorofluoresceína, tiocianato de potasio, sulfato férrico amoniacal y nitrato de plata, para ello se propone realizar el siguiente tratamiento:

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
		Página 4 de 12


CÓDIGO:
POE-LDFCN-001.01


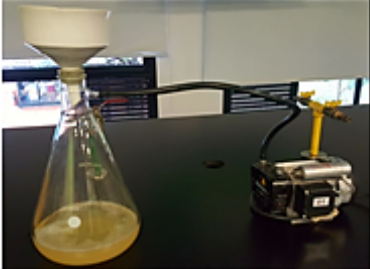

FECHA DE EMISIÓN:
16- Marzo – 2018

FECHA DE APLICACION:

<p>Adicionar en un recipiente de vidrio, el contenido del residuo que contiene nitrato de plata.</p>	
<p>Determinar el pH de la solución.</p>	

<p>Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto</p>	<p>Revisó:</p>	<p>Autorizó:</p>
<p>FECHA: 16-marzo-2018</p>	<p>FECHA:</p>	<p>FECHA: Página 5 de 12</p>


 UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISIÓN: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:


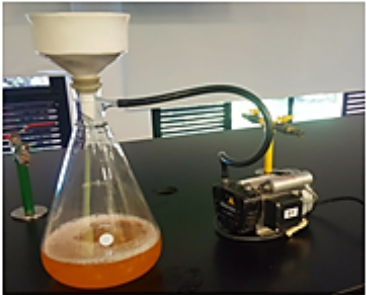

<p>Si el pH de la solución se encuentra por encima de 2 se disminuye el pH con ácido sulfúrico (H₂SO₄) hasta obtener un pH de 2.00. En caso de que la solución tenga un pH por debajo de 2 se trabaja con este.</p>	
<p>Una vez ajustado el pH, se filtra al vacío con el fin de obtener el precipitado que contiene (AgCl).</p>	
<p>El sólido obtenido se deposita en residuos inorgánicos.*</p>	

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
Página 6 de 12		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

FT001.01

 LABORATORIOS DE QUÍMICA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISIÓN: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

<p>Quando el residuo se filtre completamente se adiciona la solución resultante en un beaker de vidrio.</p>	
<p>Al residuo se le adiciona nitrato de plata al 5% hasta observar una coloración blancuzca, posteriormente se le adiciona cloruro de sodio (NaCl) en exceso, con el fin de precipitar la plata como cloruro de plata (AgCl).</p>	
<p>El precipitado obtenido se filtra al vacío y se desecha en el envase de solidos inorgánicos. *</p>	

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
		Página 7 de 12

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

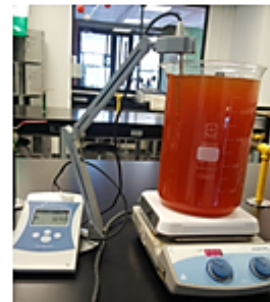
FT001.01

CODIGO:
POE-LDFCN-001.01

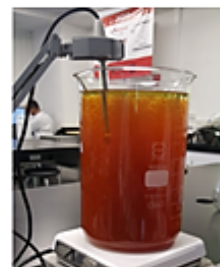
FECHA DE EMISION:
16- Marzo – 2018

FECHA DE APLICACION:

El líquido filtrado se adiciona nuevamente en un beaker de 5L y se le adiciona hidróxido de potasio hasta obtener un pH cercano a 10.




La solución se pone en calentamiento suave y se observa la formación de partículas suspendidas (floculo).

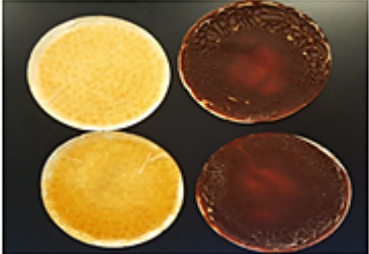
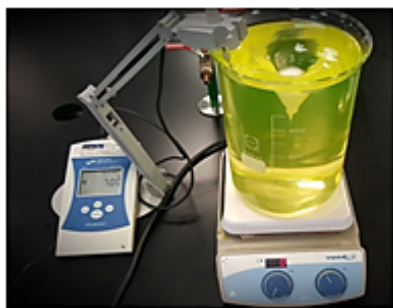


El floculo obtenido se filtra al vacío.



Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 18-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
		Página 8 de 12

 UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISIÓN: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

<p>El precipitado obtenido se filtra al vacío y se desecha en el envase de solidos inorgánicos</p>	
<p>El líquido restante se neutraliza con KOH 1M o H₂SO₄ 1M, la solución calienta hasta reducir su volumen hasta 1000 mL.</p>	
<p>La solución restante se enfría y se almacena en un envase de desecho.</p>	


*La correcta segregación de los residuos se menciona a continuación.

Una vez obtenido el solido se recolecta el filtrado en un envase para sólidos con las precauciones necesarias, los envases en ningún momento se deberán almacenar por encima del 80% de su capacidad total con el fin de evitar derrames, salpicaduras o sobrepresión, asegurándose que la parte exterior se encuentre limpia para evitar accidentes por contacto.

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
Página 9 de 12		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

FT001.01

 UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISIÓN: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

El residuo se dejará en la campana de extracción de los laboratorios de la universidad Icesi, teniendo en cuenta el día de la ruta de RESPEL establecida por el departamento de salud ocupacional y medio ambiente, para la realización de la respectiva disposición final.

¿Cuándo aplica?

Al finalizar cada práctica de laboratorio, una pre-práctica o un experimento en el que se haga uso de este reactivo y que implique la generación de residuos peligrosos.

¿Dónde aplica?

En todas las áreas de la universidad Icesi, especialmente el edificio Valle de Lili en donde se usan productos químicos y se deben almacenar.

¿Para qué se creó este procedimiento?

Para asegurar que la generación, almacenamiento, clasificación, transporte y disposición final de los residuos peligrosos generados en la universidad, se realicen de forma adecuada, logrando minimizar los riesgos para la salud y el impacto medioambiental.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Trujillo, F. (2011). *Guía de manejo de residuos químicos Universidad Autónoma de Occidente*.


Ramírez, L. (2013). *Plan de Gestión Integral de Residuos Pleigrosos Universidad de Caldas*.

VIII. HISTÓRICO

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
Página 11 de 12		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

FT001.01

 LABORATORIOS DE QUÍMICA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO ₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISIÓN: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

El residuo sólido va dirigido a disposición final, se diligenciará la etiqueta de residuos de acuerdo con las características y propiedades fisicoquímicas del producto obtenido:

Los residuos sólidos se dispondrán de la siguiente manera:

Precipitados de cloruro de plata,

Nombre de la práctica: Desactivación de residuos químicos

Contenido: Cloruro de plata

Clasificación: Sólido Inorgánico (Grupo VIB) etiqueta amarilla.

Precipitados de hidróxido de hierro, tiocianato de hierro (envase 2)

Nombre de la práctica: Desactivación de residuos químicos

Contenido: Hidróxido de hierro, tiocianato de hierro.

Clasificación: Sólido Inorgánico (Grupo VIB) etiqueta amarilla.

Solución de fluoresceína

Nombre de la práctica: Desactivación de residuos químicos


Contenido: Fluoresceína

Clasificación: Acuosa orgánica (Grupo IIIA).

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 18-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
		Página 10 de 12

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

FT001.01

 UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISIÓN: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

El residuo se dejará en la campana de extracción de los laboratorios de la universidad Icesi, teniendo en cuenta el día de la ruta de RESPEL establecida por el departamento de salud ocupacional y medio ambiente, para la realización de la respectiva disposición final.

¿Cuándo aplica?

Al finalizar cada práctica de laboratorio, una pre-práctica o un experimento en el que se haga uso de este reactivo y que implique la generación de residuos peligrosos.

¿Dónde aplica?

En todas las áreas de la universidad Icesi, especialmente el edificio Valle de Lili en donde se usan productos químicos y se deben almacenar.

¿Para qué se creó este procedimiento?

Para asegurar que la generación, almacenamiento, clasificación, transporte y disposición final de los residuos peligrosos generados en la universidad, se realicen de forma adecuada, logrando minimizar los riesgos para la salud y el impacto medioambiental.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Trujillo, F. (2011). *Guía de manejo de residuos químicos Universidad Autónoma de Occidente*.


Ramírez, L. (2013). *Plan de Gestión Integral de Residuos Pleigrosos Universidad de Caldas*.

VIII. HISTÓRICO

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
Página 11 de 12		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

FT001.01

 UNIVERSIDAD ICESI Laboratorios de Química Facultad de Ciencias Naturales	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO	
	Título: PROCEDIMIENTO PARA EL PRETRATAMIENTO DE SOLUCIONES QUE CONTIENEN NITRATO DE PLATA (AgNO₃)	
CÓDIGO: POE-LDFCN-001.01	FECHA DE EMISIÓN: 16- Marzo – 2018	FECHA DE APLICACION:

Versión	Fecha de aplicación	Razones de esta revisión	Cancela a

En la práctica de análisis químico, se llevan a cabo una serie de reacciones químicas en las que se forman precipitados, entre ellos el cloruro de plata, para ello es de gran importancia realizar un adecuado tratamiento con el fin de minimizar la cantidad que se genera, esta práctica contiene sustancias como: ácido nítrico, cloruro de sodio, cromato de potasio, disclorofluoresceína, tiocianato de potasio, sulfato férrico amoniacal y nitrato de plata, para ello se propone realizar el siguiente tratamiento:

Elaboró: Jhonner A. Gutiérrez Pinto	Revisó:	Autorizó:
FECHA: 16-marzo-2018	FECHA:	FECHA:
Página 12 de 12		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD ICESI. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO

FT001.01