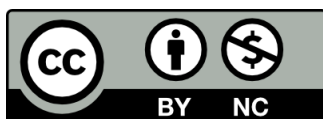


ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD DE LOS REACTIVOS USADOS EN LAS PRÁCTICAS DE
LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL, UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS – SEDE VILLAVICENCIO



DIANA PAOLA HERRERA GÓMEZ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD DE LOS REACTIVOS USADOS EN LAS PRÁCTICAS DE
LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL, UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS – SEDE VILLAVICENCIO

DIANA PAOLA HERRERA GÓMEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director

JONATHAN STEVEN MURCIA FANDIÑO
MSc en Ciencia y Tecnología Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O.P.

Rector General

P. EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O.P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBON

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de Facultad

JONATHAN STEVEN MURCIA FANDIÑO

Director Trabajo de Grado

VALMA MARTINS BARBOSA

Codirectora Trabajo de Grado

SAÚL MARTINEZ MOLINA

Jurado

Villavicencio, abril del 2020

Dedicatoria

En memoria de mis abuelitos Alejita, Pedro y Eduardo, ángeles que cuidan mis pasos y me acompañan siempre, aquellos que me vieron crecer y me enseñaron una de las lecciones más importantes en la vida, “podrán quitarnos todo, menos lo que aprendemos... eso es lo único que nos queda”

Besos en el cielo, sé que están orgullosos de mí.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por sus inmensas bendiciones y por permitirme culminar esta etapa de mi vida. También agradezco a la Santa Virgen María por escuchar mis oraciones e interceder por mí.

Gracias totales a mis padres, Gladys e Hilberto. Ellos son mi más grande motivación, su amor y apoyo incondicional me han dado fuerzas para continuar y levantarme después de cada tropiezo en el camino. Ellos son mi ejemplo, mi motor, mi esperanza, mi guía... Un par de seres maravillosos que son mi todo.

Quiero agradecer también a mis hermanos Manuel y Javier; sus consejos y momentos vividos los llevo siempre en mi mente y corazón. Además, ustedes me dieron cuatro motivos más para dar siempre lo mejor de mí, mis sobrinos hermosos. Como también a aquella persona especial, quien ha estado a mi lado durante este proceso y me alienta a luchar por mis sueños.

Agradezco infinitamente a mi director de grado, el Ing. Jonathan Murcía. Más que un docente, es un gran amigo, pues a pesar de la distancia siempre estuvo ahí, guiando mi proceso investigativo de la mejor manera; gracias a sus conocimientos, experiencia y dedicación logre culminar esta importante meta en mi vida.

Doy gracias también a mi alma mater, la Universidad Santo Tomás por las oportunidades y beneficios brindados, a los docentes que hicieron parte de mi aprendizaje y a mis amigos quienes hicieron que la carrera universitaria fuera experiencia llena de emociones, sentimientos y recuerdos.

Contenido

	Pág.
Glosario.....	12
Resumen.....	13
Abstract	14
Introducción	15
Planteamiento del problema.....	17
Formulación en torno al problema	18
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos:	19
Justificación	20
Alcance del proyecto.....	22
Antecedentes	23
Marco de referencia	26
Marco Teórico:	26
Marco Conceptual:	29
Marco Legal:	30
Metodología	32
FASE I y II: Diagnostico.....	33
Obtención de guías de laboratorio	33
Formulario y encuestas.....	33
Inventario de uso de reactivos	35
Gestión de los residuos de laboratorios	36
FASE III: Análisis de la peligrosidad de las guías de laboratorio	36
Resultados y Análisis.....	50
Resultados de las encuestas a estudiantes	50
Resultados de las encuestas a docentes y administrativos	52

Resultados de la gestión de los residuos de laboratorios	53
Resultados de la cantidad total de reactivos usada en la FIA	54
Resultados de la peligrosidad de las guías de laboratorio.....	56
Impacto social, humanístico del proyecto.....	67
Conclusiones	68
Recomendaciones	70
Referencias bibliográficas.....	71
Anexos	76

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1: Marco Legal.....	30
Tabla 2: Matriz de categorización.....	37
Tabla 3: Grado de Peligro Total de las guías de laboratorio.....	43
Tabla 4: Ranking de las guías de laboratorio con clase de peligro de mutagenicidad, carcinogenicidad y toxicidad para la repro.	47
Tabla 5: Ranking de Peligrosidad	58

Lista de ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1: Localización de Villavicencio en Colombia.....	22
Ilustración 2: Localización de la Universidad Santo Tomás-sede Aguas Claras, Villavicencio ..	22
Ilustración 3: Línea de tiempo - Antecedentes	25
Ilustración 4: Metodología	32
Ilustración 5: Cantidad total de reactivos usada en mililitros	54
Ilustración 6: Cantidad total de reactivos usada en gramos	55
Ilustración 7: Ranking de las guías de laboratorio.....	57

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo A: Espacios académicos con prácticas experimentales y sus guías de laboratorio.....	75
Anexo B: Formulario docentes.....	77
Anexo C: Encuesta de percepción.....	78
Anexo D: Cuantificación de la generación de RESPEL.....	80
Anexo E: Consolidación de peligros del SGA.....	81
Anexo F: Formato descriptivo e individual de las guías de laboratorio.....	82
Anexo G: Matriz de evaluación de reactivos químicos.....	83
Anexo H: Peligrosidad de las guías de laboratorio con clase de peligro de mutagenicidad, carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción.....	86
Anexo I: Resultados de las encuestas a estudiantes.....	88
Anexo J: Resultados de las encuestas a profesores y administrativos.....	93

Glosario

SUSTANCIA: Materia caracterizada por un conjunto específico y estable de propiedades.

REACTIVO: Sustancia que se emplea para provocar una reacción química.

GUÍA DE LABORATORIO: Tratado en que se dan preceptos para encaminar o dirigir el desarrollo de procedimientos experimentales llevados a cabo en el laboratorio.

LABORATORIO: Lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico.

QUIMICA A MICROESCALA: Experimentos en los que se usan menos de 1g o 2 ml de los reactivos.

RESIDUO: Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

PELIGRO: Riesgo o contingencia inminente de que suceda algún mal.

RESPEL: Residuo peligroso que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. También se considera residuo peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

SGA: Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.

DIAGNÓSTICO: Recoger y analizar datos para evaluar problemas de diversa naturaleza.

IMPACTO: Conjunto de posibles efectos positivos o negativos como consecuencia de una actividad.

FIA: Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás – Sede Villavicencio.

Resumen

Los reactivos químicos son sustancias que se clasifican de acuerdo al tipo y grado de peligrosidad en función de sus propiedades físico-químicas. Dichas sustancias se han convertido en componentes fundamentales de los productos intermedios o finales usados en la vida cotidiana, contribuyendo de distintas formas a instaurar un alto nivel de desarrollo social. Tal es el caso de la educación universitaria, que permite el aprendizaje mediante el uso de reactivos en las prácticas de laboratorio. Este desarrollo práctico, debe realizarse bajo medidas preventivas de identificación y clasificación de las sustancias químicas usadas y residuos químicos generados, a fin de evitar impactos negativos al ambiente, salud humana y elevados costos por la adquisición de reactivos y disposición de residuos peligrosos. Actualmente, la Facultad de Ingeniería Ambiental (FIA) de la Universidad Santo Tomás – sede Villavicencio, presenta algunas necesidades frente a la gestión de los reactivos químicos y residuos químicos, producto de los procedimientos experimentales llevados a cabo en sus laboratorios. El desarrollo del presente proyecto, aporta en la primera etapa y objetivo del macro-proyecto *“Estudio para la Gestión de Residuos Generados en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio”*, a través de un diagnóstico de la gestión de los reactivos usados en las prácticas de laboratorios, dividido en tres fases; la primera comprende la obtención de información primaria y secundaria. La segunda, consiste en el análisis de información y consolidación del inventario de reactivos. La última fase comprende el análisis de peligrosidad de los reactivos mediante el uso del Sistema Globalmente Armonizado (SGA). De acuerdo con los resultados, se determinó que la guía de Química Inorgánica: Propiedades físicas y químicas de la materia, posee la mayor peligrosidad, puesto que para su desarrollo se usan 2,4 g de Nitrato de Plomo, el cual es evaluado como el reactivo más peligroso, pues algunos de sus peligros son carcinogenicidad (1B) y toxicidad para la reproducción (1A).

Palabras Clave: Guías de laboratorio, procedimiento experimental, Sistema Globalmente Armonizado, gestión de reactivos químicos.

Abstract

Chemical reagents are substances that are classified according to the type and degree of danger based on their physical-chemical properties. These substances have become fundamental components of the intermediate or final products used in daily life, contributing in different ways to establish a high level of social development. Such is the case of university education, which allows learning through the use of reagents in laboratory practices. This practical development must be carried out under preventive measures to identify and classify the used chemical substances and chemical residues generated, in order to avoid negative impacts on the environment, human health and high costs for the acquisition of reagents and disposal of hazardous waste. Currently, the Faculty of Environmental Engineering of the Santo Tomás University - Villavicencio headquarters, presents some needs regarding the management of chemical reagents and chemical residues, as a result of the experimental procedures carried out in its laboratories. The development of this project contributes in the first stage and objective of the macro-project "Study for the Management of Waste Generated in the Laboratories of the Faculty of Environmental Engineering of the Santo Tomás University, Villavicencio headquarters", through a diagnosis of the management of the reagents used in laboratory practices, divided into three phases; The first includes obtaining primary and secondary information. The second is the analysis of information and consolidation of the reagent inventory. The last phase includes the analysis of the dangerousness of the reagents using the Globally Harmonized System (GHS). According to the results, it was determined that the guide of Inorganic Chemistry: Physical and chemical properties of matter, has the greatest danger, since 2.4 g of Lead Nitrate is used for its development, which is evaluated as the reagent more dangerous, as some of its dangers are carcinogenicity (1B) and reproductive toxicity (1A).

Keywords: Laboratory guides, experimental procedure, Globally Harmonized System, management of chemical reagents.

Introducción

En la actualidad una de las grandes preocupaciones de la sociedad tiene que ver con el cuidado y la preservación del medio ambiente (Domínguez, 2015) adquiriendo cada vez mayor relevancia (Oltra Algado, 2007). En un sistema que gira en torno al crecimiento económico y al desarrollo de las civilizaciones; se llevan a cabo procesos industriales de extracción y la explotación de recursos naturales, por ende, resultan predecibles las subsiguientes alteraciones de orden ambiental, entre las que se encuentran el uso y manejo de sustancias peligrosas (Andrea & Claro, 2016). En Colombia en el año 2018 se adopta mediante el Decreto 1496, la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), con el cual se intenta crear un sistema uniforme de clasificación de peligros químicos para todos los sectores involucrados con productos químicos en todas las etapas de su ciclo de vida, basándose en las propiedades que presenta cada sustancia (van der Kolk, 2014). Hoy en día este tema lo abarca el modelo educativo Colombiano, debido a que muchas de las instituciones de educación también son generadoras de productos y residuos peligrosos (Bertini & Cicerone, 2016).

La educación en cualquier área del conocimiento debe incluir las diversas formas de enseñanza para lograr atender a los estudiantes de acuerdo a distintas maneras de aprender. Una de esas formas es el aprendizaje del tacto (kinestésica). Basado en esto, el uso de laboratorios se vuelve imprescindible para que los estudiantes se apropien de conceptos científicos y a su vez, consigan reducir su contaminación (Solis Torres & Vega Botto, 2018).

Una de las estrategias para la reducción de los impactos ambientales derivados de sustancias químicas generados en las instituciones educativas, es el denominado “trabajo a nivel microescala”, el cual se caracteriza por manejar aspectos de seguridad, higiene, economía, ecología y didáctica. Esta alternativa consiste en reducir los niveles de experimentación a valores mínimos (Mainero, 1997).

Otra estrategia es la Química Verde, la cual está basada en doce principios cimentados de acuerdo a una visión preventiva, que fueron propuestos por Paul Anastas, y John C. Warner; este

método es uno de los más utilizados en la actualidad y se fundamenta en el cambio de las prácticas de laboratorio, con el fin de alcanzar los objetivos planteados en las mismas, pero con reactivos que tengan menor peligro obteniendo con ello una gestión adecuada de los residuos, además de desarrollar protocolos de manejo de los mismos para cada una de las prácticas (Cristina & Benavides, 2012).

En el presente proyecto se realiza el análisis de la peligrosidad de los reactivos químicos usados en prácticas de laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás – Sede Villavicencio, a través de una metodología que está dividida en tres fases, comenzando con la recolección de información primaria y secundaria, seguido por el análisis de la misma y la consolidación tanto del inventario de reactivos, como de las guías de laboratorio, finalizando con el análisis de la peligrosidad de los reactivos a través del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), esperando que funcione como modelo para el manejo adecuado de los reactivos y residuos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio de docencia, investigación, programas académicos y otras dependencias de la universidad donde se generan residuos peligrosos.

Planteamiento del problema

El uso de reactivos químicos para mejorar la calidad de vida del ser humano es una práctica realizada en todo el mundo, sin embargo, produce efectos negativos en los seres humanos o el ambiente (Naciones Unidas, 2015), causados principalmente por las características de peligrosidad de los residuos que se generan, a partir del uso de dichas sustancias (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2011). Los daños ocasionados sobre la salud humana se pueden dividir en efectos a corto plazo, causando toxicidad aguda (quemaduras, irritación, asfixia, etc.), y en efectos a largo plazo, causando toxicidad crónica (alergias, asma, cáncer, etc.)(Boletín Salud y Medio Ambiente, 2007); en cuanto a los menoscabos que se podrían generar en el medio ambiente, estos son la contaminación de aguas subterráneas y superficiales que afectan la calidad del recurso hídrico, la contaminación en suelos principalmente por lixiviación y la contaminación del aire que está relacionada con malos olores, gases, etc. (A. Motta, D. Polania, J. Rodolfo, 2014). Algunos de estos tienen la propiedad de bioacumularse y/o biomagnificarse, dependiendo de la estructura química de la sustancia y de sus propiedades fisicoquímicas, produciendo efectos nocivos, tanto en los sistemas bióticos como en los abióticos (Aguilar & Manuel, 2001). Sumado a ello, también puede ocasionar impactos estéticos, económicos, sociales y políticos (Aponte, 2009).

En el caso de las prácticas de laboratorio llevadas a cabo en instituciones educativas como es el caso de las universidades; estas utilizan una gran variedad de reactivos químicos en pequeñas cantidades, y de forma esporádica, pero en mayor diversidad conforme a las industrias (Torres Espinoza & Castrellón Santa Anna, 2018), lo que resulta en una mayor variedad de residuos que pueden producir distintos peligros de exposición y dificultad para su manejo (Mora, J; Piedra, G; Benavides, D; Ruepert, 2012).

Para entrar en contexto, en el caso puntual de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás – sede Villavicencio, esta cuenta con un inventario general de los reactivos usados en laboratorios de la sede Villavicencio, pero no mantiene un inventario discriminado para ella. No obstante, no se ha elaborado un análisis de la peligrosidad para saber cuáles de estos reactivos requieren cambios en su manejo. En relación con lo expuesto

anteriormente, uno de los más grandes obstáculos que existen para que se lleve a cabo una correcta gestión de los reactivos químicos y residuos generados, es el desconocimiento de los reactivos que se están usando, en qué cantidad y con qué frecuencia, por ende, se ignoran los impactos sobre el ambiente y la salud del personal que los usa, sin dejar de lado los impactos económicos generados por el uso y disposición inadecuada.

Otras dificultades identificadas, es el desconocimiento de los procesos necesarios para neutralizar los reactivos químicos luego de realizar las prácticas experimentales, la falta de sensibilización a los estudiantes sobre el uso de reactivos y, su posterior gestión que conllevan a la impericia acerca del impacto de los residuos que se generan en estas prácticas (Ministerio de Ambiente, vivienda, 2005). Si bien es cierto que los docentes intentan cumplir a cabalidad sus labores de enseñanza y supervisión en los laboratorios, en ocasiones no es suficiente debido a que en las guías de laboratorio no se describe el tipo de residuo generado, ni la manera de realizar la neutralización, almacenamiento y/o disposición final.

Formulación en torno al problema

¿De qué manera el análisis de la peligrosidad de los reactivos usados en las prácticas de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental, contribuye con el mejoramiento del desarrollo de sus prácticas de laboratorios, la gestión de los reactivos usados y residuos generados?

Objetivos

Objetivo General

Realizar un análisis de la peligrosidad de los reactivos usados en las prácticas de laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio.

Objetivos Específicos:

- Establecer la percepción de docentes y estudiantes de la Facultad de Ingeniería Ambiental sobre los procedimientos experimentales que se llevan a cabo en los laboratorios.
- Elaborar un diagnóstico sobre el manejo de reactivos químicos y residuos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Determinar la peligrosidad de los reactivos usados en las prácticas de laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental con base al Decreto 1496 de 2018.

Justificación

La generación de residuos químicos peligrosos en instituciones educativas en el país es uno de los temas menos estudiados; la mayoría de laboratorios de ensayo y de prácticas de enseñanza media y superior no identifican y cuantifican sus residuos peligrosos (RESPEL) y no cuentan con sistemas de tratamiento para sus desechos (Ministerio de Ambiente, vivienda, 2005). Esto también se debe a las limitantes en la legislación, por ejemplo, en la Convención de Basilea se delimita e interrumpe la segregación de RESPEL y la selección de los sectores generadores de dichos residuos (Secretaría de la Convención de Basilea, 2000).

El sector educativo, es el que mayor variedad de residuos químicos peligrosos genera (Mora, J; Piedra, G; Benavides, D; Ruepert, 2012). Por lo tanto, sus acciones deben centrarse en aspectos como: el procedimiento utilizado, la cantidad, el tipo, la peligrosidad y la jerarquía de la gestión de los residuos generados (reducción, reutilización y reciclado, tratamiento y disposición final). Esto, con el fin de convertirlos en espacios para la creación de procesos químicos que permitan la prevención del impacto ambiental y a la salud humana. No obstante, aunque algunas instituciones se han preocupado por desarrollar estudios para el diseño de soluciones a estos residuos, se hace necesario empezar a dimensionar y controlar la problemática en este sector (Ministerio de Ambiente, vivienda, 2005).

La Universidad Santo Tomás es reconocida por brindar un servicio de educación con estándares de alta calidad, lo que la convierte en un referente académico importante y, por ende, está bajo la constante vigilancia y control de entes regulatorios. La realización del diagnóstico y análisis de la peligrosidad tanto de los reactivos químicos usados, como la generación de RESPEL, es el inicio de una adecuada gestión que se verá reflejada en las observaciones y calificaciones que otorgan dichas entidades de control; sin dejar de lado la reducción en los costos para la adquisición de estos reactivos. No obstante, se ha identificado que la Universidad, específicamente la Facultad de Ingeniería Ambiental, presenta algunas necesidades frente a la gestión adecuada de los reactivos y los residuos peligrosos que se producen después de su

utilización en las prácticas de laboratorio, debiéndose al desconocimiento por parte de los estudiantes y a la falta de sensibilización de los efectos negativos que son ocasionados.

Atendiendo lo anterior, es necesario que los laboratorios cuenten con estrategias capaces de reducir los riesgos inherentes al manejo de sustancias químicas. Estas acciones deben comenzar desde el momento en que los laboratorios van a desarrollar un procedimiento, esto quiere decir que se obliga a elaborar prácticas nuevas de laboratorio, o modificar las existentes (Cristina & Benavides, 2012). El análisis de la peligrosidad de los reactivos químicos usados en prácticas de laboratorios es necesario para el planteamiento de estrategias en cuanto a la gestión de los mismos y de los residuos peligrosos generados (Cifuentes, Cardona, & Bolívar, 2018), este a su vez es útil para conocer, evaluar y diseñar alternativas de prevención, minimización, manejo interno, manejo externo, y educación ambiental, para los docentes, administrativos y estudiantes (Jaramillo Echeverry, 2015).

El desarrollo del presente proyecto aporta a la primera etapa del macro-proyecto de carácter internacional *“Estudio para la Gestión de Residuos Generados en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio”*, con cooperación de otra universidad que ya ha implementado procesos de mejoramiento en sus prácticas de laboratorio, podría ser útil para crear otros estudios o proyectos similares, ya sea en otras facultades de la misma Universidad o en otros laboratorios e instituciones. Por lo anterior, el propósito de este proyecto es sentar las bases para definir los reactivos a trabajar bajo el principio de micro-escala y los principios de la Química Verde, basado en el diagnóstico y posterior análisis del peligro de los reactivos usados, pues se hace necesario verificar y evaluar cada uno de los pasos que componen la metodología analítica y los riesgos asociados para brindar una solución sostenible (Mora, J; Piedra, G; Benavides, D; Ruepert, 2012), aportando así a la implementación de la Agenda 2030 en las instituciones de educación superior y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pues hoy en día, en las universidades existen más de 200 millones de estudiantes a nivel mundial, y dicha población hace parte de las claves para lograr el cambio generacional y la sostenibilidad de los objetivos trazados (Ministerio de educación & ASCUN, n.d.).

Alcance del proyecto

El presente proyecto pertenece al macro-proyecto de investigación denominado “*Estudio para la Gestión de Residuos Generados en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio*”. Se realizó en un tiempo aproximado de 6 meses, comenzando en agosto del año 2019 y terminando en febrero del año 2020; contemplando una población objeto que está conformada por directivos, docentes, auxiliares de laboratorio y estudiantes (de quinto semestre en adelante) de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás – sede Villavicencio que hacen uso de los laboratorios como parte de su desarrollo curricular. Por otro lado, la zona de estudio es la Universidad Santo Tomás – sede Villavicencio, que está situada en el departamento del Meta (*Ilustración 1*); el estudio se realizó específicamente en la sede de Aguas Claras (*Ilustración 2*), en donde se encuentran ubicados los laboratorios en los que la facultad realiza sus prácticas experimentales. Además, las acciones necesarias para llevar a cabo el objeto del trabajo, son las siguientes: recolección de información primaria y secundaria, análisis de la información obtenida, consolidación de inventario de reactivos, priorización de los reactivos de acuerdo a cantidad, frecuencia de uso y su peligrosidad.

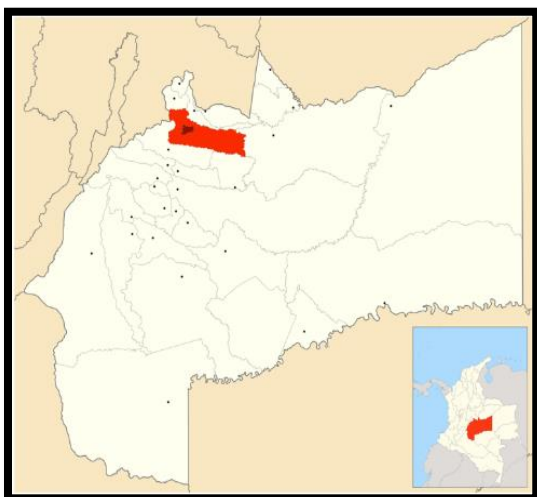


Ilustración 1: Localización de Villavicencio en Colombia. Adaptado de: (Alcaldía de Villavicencio, 2020)

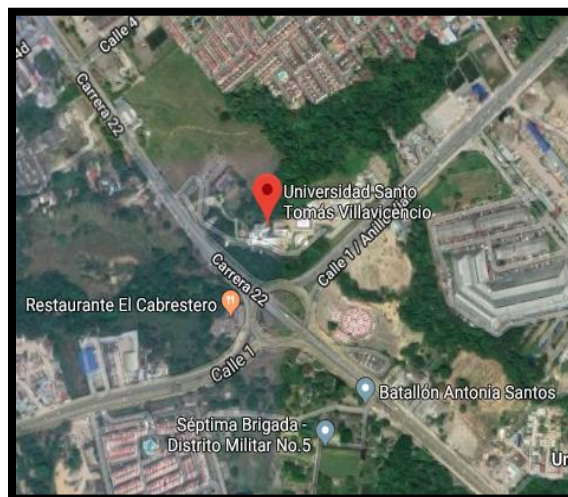


Ilustración 2: Localización de la Universidad Santo Tomás-sede Aguas Claras, Villavicencio. Adaptado de: (Google Maps, 2020)

Antecedentes

A continuación, se describirán algunos estudios realizados por distintos autores a través del tiempo (*Ilustración 3*), los cuales fueron tenidos en cuenta para el desarrollo de este trabajo:

En el año 2010, Peter J. Peterson realizó un estudio que describe brevemente el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) y el significado de su implementación en términos de información relacionada con las políticas para los tomadores de decisiones, además de un marco de acciones para permitir que dichas políticas se realicen de manera efectiva y también discute la necesidad de indicadores simples para medir el progreso con la implementación del SGA (Peterson, bin Mokhtar, Chang, & Krueger, 2010). Por lo tanto, este trabajo es una base importante para relacionar la implementación del SGA en la Facultad de Ingeniería Ambiental con la toma de decisiones respecto a los reactivos usados en sus laboratorios.

En 2011, Delilah Lithner, Åke Larsson & Göran Dave desarrollaron un modelo de clasificación de peligros en cinco niveles de riesgos (I – V) para las categorías de peligros físicos, ambientales y para la salud humana, basado en el SGA (Lithner, Larsson, & Dave, 2011); dicho modelo es tomado como guía para llevar a cabo una de las etapas de la metodología de este trabajo de grado, facilitando la obtención, evaluación y análisis de los resultados obtenidos.

Sung-woon Lee en 2013, publicó un artículo donde explica porque Corea realizó la traducción del manual del SGA de la ONU y lo seleccionó como el manual oficial del SGA del gobierno coreano, además de como se ve reflejada su implementación en un mayor desarrollo, y el avance que ha obtenido (Lee, Oh, & Kim, 2013). Por tal motivo este artículo transfiere al trabajo el énfasis del SGA como propiciador del progreso, lo cual justifica la realización del mismo.

Nuno Couto en 2013, presentó un trabajo donde realiza una evaluación de la gestión de residuos peligrosos en Portugal en términos de marco legislativo, tecnologías aplicadas y producción de volumen de residuos (Couto, Silva, Monteiro, & Rouboa, 2013). Al igual que el

anterior artículo, este es aplicado en el extranjero y ambos lugares poseen condiciones diferentes, sin embargo, hay algo en lo que coinciden y es en que la gestión de los residuos ha sido una preocupación importante, por ende, sirve como referencia para el propósito que tiene este proyecto.

En 2014, Méndez Salas Carlos Alberto estableció la metodología para la implementación del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), en algunos productos químicos elaborados en la empresa Sika Colombia S.A (Méndez Salas, 2014). El trabajo conduce y orienta esta investigación, ya que su metodología es similar a la que se pretende llevar a cabo para desarrollar el proyecto, además demuestra la importancia de plantear este tipo de alternativas para el mejoramiento del manejo de los reactivos no solo a nivel institucional, sino empresarial.

Van der Kolk, J. en 2014, explica específicamente que es y en que consiste el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, el cual reemplaza los sistemas internacionales, nacionales o regionales anteriores para la clasificación y etiquetado de productos químicos peligrosos (van der Kolk, 2014). Para el desarrollo de este trabajo la información consignada en el artículo, sirve como referente y complemento para comprender mejor el Decreto 1496 de 2018.

Castro Afanador Diana Carolina en 2017, describe los lineamientos y elementos para la comunicación de los peligros armonizados, basados en criterios establecidos por el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) y las tecnologías de la información, para garantizar el acceso a la misma por cada uno de los usuarios que interactúan con las sustancias durante su ciclo de vida (Afanador, 2017). Por lo tanto, esta investigación sirve de guía en la elaboración del proyecto, puesto que no solo su metodología se basa en el SGA al igual que la de este trabajo, sino que abarca también herramientas para la difusión de la información, lo cual es importante para las siguientes etapas del proyecto.

Fábio Peres Gonçalves en 2017, explica la métrica de la Estrella Verde para evaluar el verdor químico de procesos químicos según el grado de cumplimiento de cada uno de los 12

principios de la Química Verde. Anteriormente, el criterio para fundamentarla estuvo basado en los símbolos de peligro químico utilizados por el sistema establecido por la Unión Europea. Entre tanto, un nuevo Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos comenzó a utilizarse en las fichas de datos de seguridad de los productos químicos, las mismas que son utilizadas como fuente de información para la aplicación de la métrica (Gonçalves et al., 2017). Por ende, la información proporcionada en el artículo reafirma la importancia de realizar una adecuada clasificación y análisis de los reactivos antes de realizar procesos de evaluación; aún más importante, se debe resaltar que decidieron adoptar el SGA y cambiar el sistema con el que estaban realizando el estudio por las ventajas que este proporciona.

En el libro *Environmental Management* escrito por Iyyanki V. Muralikrishna y Valli Manickam en el año 2017, se analizan las tecnologías de tratamiento que existen para la mayoría de los desechos peligrosos y el diseño de vertederos, ya que el propósito del manejo de residuos peligrosos es convertirlo en sustancias no peligrosas y estabilizarlos (Muralikrishna & Manickam, 2017). Este libro demuestra la importancia de no solo reconocer que es un residuo peligroso, sino como almacenarlo y tratarlo para su disposición final y seguimiento posterior, con el fin de evitar accidentes que representan amenazas para el medio ambiente y la salud humana, por tal motivo es útil en la elaboración de este trabajo.

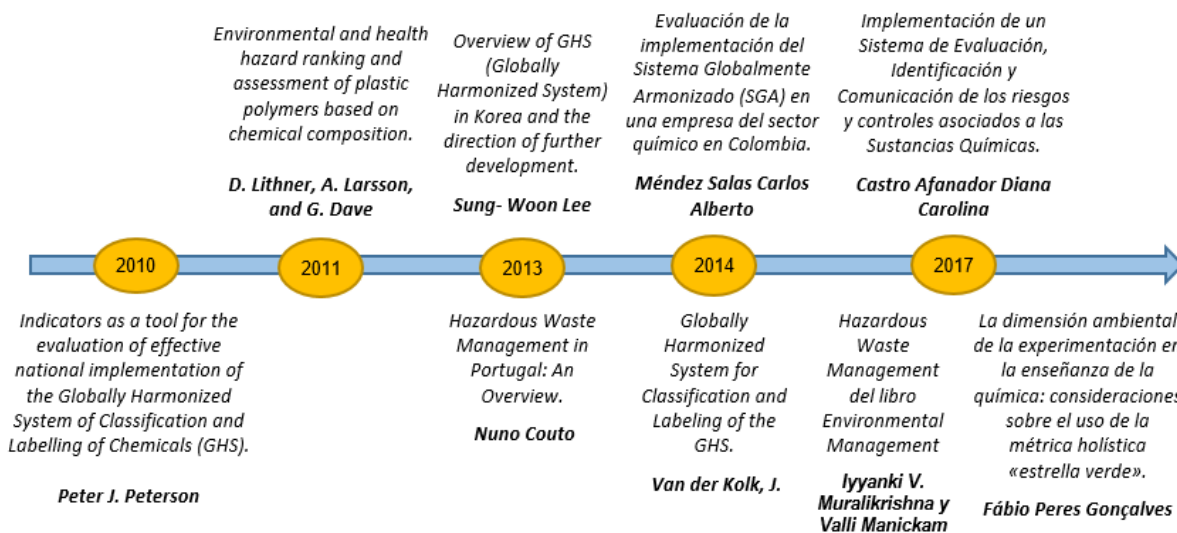


Ilustración 3: Línea de tiempo – Antecedentes. Por Herrera D., 2020.

Marco de referencia

Marco Teórico:

Un reactivo es toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química y dando lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción (Carranza Vega & Huayanay Viera, 2009). Por tratarse de compuestos químicos, los reactivos se pueden clasificar según muchas variables como lo son: propiedades fisicoquímicas, reactividad en reacciones químicas, y características del uso del reactivo (Moreno, 2013).

El Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) es una iniciativa no vinculante con alcance internacional, promovida por la Organización de las Naciones Unidas (Méndez Salas, 2014), esta busca suministrar información relacionada con los efectos que puedan ocasionarse por el uso de los productos químicos (Sura - Cistema, 2012).

El documento del SGA, comúnmente conocido como “Libro morado”, sugiere un enfoque lógico y completo que define los criterios de clasificación de los peligros físicos, peligros para la salud y peligros para el ambiente, que entrañan los productos químicos; este sistema establece los procesos de clasificación en los que se utilizan datos disponibles sobre los productos químicos, para compararlos con los criterios definidos relativos a sus peligros intrínsecos y transmitir información sobre los mismos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

El SGA se aplica a sustancias puras, a soluciones diluidas y a mezclas. La clasificación de los peligros se realiza considerando las propiedades intrínsecas peligrosas de las sustancias o mezclas, por ende, la identificación de los peligros según el SGA conlleva 3 pasos: Identificación de los datos relevantes sobre los peligros de una sustancia o mezcla. Examen de estos datos para identificar los peligros asociados a la sustancia o mezcla. Decisión sobre si la sustancia o mezcla clasifica como peligrosa y determinación de su grado de peligrosidad (Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos, 2019).

El conocer los peligros de una sustancia química por su exposición y concentración, permite determinar el riesgo en la salud humana, establecer procedimientos adecuados y hacer la evaluación de los impactos potenciales sobre la salud y el medio ambiente, los cuales dependen de la naturaleza química del contaminante, de sus características fisicoquímicas, cantidad y frecuencia de emisión, además de factores característicos del ambiente que también influyen (Méndez Salas, 2014); de esta forma adoptar medidas de seguridad apropiadas para su utilización, tendientes a la prevención y control de los riesgos asociados al almacenamiento, manipulación, transporte y disposición final de estos productos en cada una de las áreas de trabajo y en todos los niveles jerárquicos, incrementando la efectividad de las acciones y especialmente la atención ante una situación o emergencia (Afanador, 2017).

En Colombia, en el año 2005 el Ministerio de Ambiente expidió la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, esta define y constituye las bases de la política pública ambiental para la prevención de la generación de RESPEL y la promoción del manejo ambientalmente apropiado de los residuos que se generen, con el objetivo de reducir los riesgos a la salud humana y el ambiente, contribuyendo esta manera al desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente, vivienda, 2005).

La gestión ambiental de los residuos peligrosos, está ampliamente relacionada con los procesos educativos, de capacitación y de concientización, que sean posibles de desarrollar o fortalecer, a través de las siguientes estrategias propuestas en la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos (Ministerio de Ambiente, vivienda, 2005):

- *Desarrollar programas permanentes de educación y capacitación que permitan en el mediano plazo, generar una base de conocimiento tal en el país, que dinamice la gestión integral de los RESPEL y el control de la gestión.*
- *Promover el establecimiento de programas continuos de formación, capacitación y adiestramiento en instituciones educativas en la gestión y manejo de RESPEL.*
- *Impulsar el establecimiento de cátedras y programas de especialización de gestión y manejo de RESPEL en las universidades del país.*

- *Trabajar de manera conjunta con COLCIENCIAS, el Centro Nacional de Producción más Limpia, los Nodos Regionales y las Universidades, en el desarrollo y la divulgación de proyectos de investigación orientados a la reducción y el manejo de RESPEL.*
- *Establecer un programa de certificación de competencias laborales para el personal técnico que labore en actividades de manejo de RESPEL.*

La universidad es una institución de enseñanza superior que está compuesta por diversas facultades, y que otorga los grados académicos correspondientes (Real Academia de la Lengua Española, 2020). Las universidades llevan a cabo la función de liderazgo enfocado al desarrollo de la educación interdisciplinaria, transdisciplinaria y ética, con el fin de idear soluciones para los problemas asociados al desarrollo sostenible (Ull, 2011).

En este sentido, desde el año 2010 se lleva realizando un ranking donde han sido evaluadas 719 universidades alrededor del mundo, y entre ellas, cinco instituciones colombianas se ubican dentro de las 100 más sostenibles (Pico, 2019).

1. Universidad Autónoma de Occidente - puesto 43
2. Universidad Nacional - puesto 51
3. Universidad del Rosario - puesto 60
4. Universidad Jorge Tadeo Lozano - puesto 73
5. Universidad del Norte - puesto 79

Dichas universidades lograron el cupo debido a sus proyectos e iniciativas de cuidado y protección ambiental que promueven dentro de su desarrollo arquitectónico, académico e investigativo. Prácticas como los paneles solares, reducción de huella de carbono, investigaciones que contrarrestan el cambio climático, manejo de residuos, utilización de energías renovables, entre otros (Pico, 2019).

Marco Conceptual:

Un agente químico, es considerado como todo elemento o compuesto químico, solo o mezclado, ya sea en estado natural o sintético, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo de una actividad, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no (Bueno, 2015).

Peligro se puede definir como la fuente, situación o acto con potencial de causar daño en la salud humana, en los equipos o en las instalaciones (Universidad de los Andes, 2016). Por lo tanto, los residuos peligrosos son aquellos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos (Salle, 2016).

Toda sustancia química debe ser asumida como un material que requiere manejo especial, a la cual nunca se le debe subestimar su grado de peligrosidad; por lo tanto, en primera instancia, es importante conocerla para saber cómo manejarla (Ministerio de Ambiente & Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005).

Las etapas del ciclo de vida de una sustancia química exigen un conocimiento especial y detallado de la misma, comenzando no solo por caracterizarla desde el punto de vista de sus propiedades físicas y químicas, sino también por identificar sus características de peligrosidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2005).

Por otro lado, es necesario no solo definir en qué consiste la identificación del peligro, el cual es el proceso para reconocer si existe un peligro y definir sus características; sino también precisar que la exposición, es la situación en la cual las personas se encuentran en contacto con los peligros (Universidad de los Andes, 2016), ya que en los laboratorios los accidentes pueden producirse generalmente a una de estas tres causas: fuego, contacto con productos químicos peligrosos y de tipo mecánico, por ejemplo los que se presentan con más frecuencia son las quemaduras producidas por ácidos o bases, en contacto con la piel (Universidad de la Rioja, 2019).

En este sentido, en el caso de los procedimientos experimentales en las Universidades, el ámbito del trabajo podría relacionarse con prácticas de laboratorio, talleres o trabajo de campo; para poder llevar a cabo dichas prácticas es necesario el seguimiento de las guías de laboratorio, en las cuales los apartados que frecuentemente las integran son: título, introducción, objetivos, métodos, dinámicas de trabajo, materiales o recursos, y criterios coherentes de desempeño. Además, cualquier manual de prácticas o guía de laboratorio debe contener las indicaciones para la correcta eliminación o tratamiento de los vertidos y residuos producidos en el lugar (Alemán & Mata, 2006).

Marco Legal:

Tabla 1: Marco Legal.

NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN A LA INVESTIGACIÓN
LEY 55 DE 1993	Adopción de Convenio internacional sobre Seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo.	Reglamenta que todos los productos químicos sean evaluados con el fin de determinar el peligro que presentan.
DECRETO 4741 DE 2005	Prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	Lineamientos para garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que genera la Facultad de Ingeniería Ambiental.
DECRETO 1496 DE 2018	Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.	Guía para la categorización de los peligros físicos, para el medio ambiente y la salud humana, fundamental para el desarrollo de la metodología.
DIRECTIVA MINISTERIAL 67 DEL 2015 (MINEDUCACIÓN)	Orientaciones para la construcción o ajuste en los establecimientos educativos del manual de normas de seguridad en los laboratorios de química y física.	Propiciar un ambiente seguro para el desempeño de labores que involucren actividades experimentales.

Tabla 1. Continuación

NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN A LA INVESTIGACIÓN
LEY 1252 DE 2008	Normas prohibitivas en materia ambiental referente a los residuos y desechos peligrosos.	Minimizar la generación de residuos peligrosos en la fuente, optando por la producción más limpia.
POLITICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESPEL DE 2005	Prevenir la generación de los RESPEL y promover el manejo ambientalmente adecuado de los que se generen, con el fin de minimizar los riesgos sobre la salud humana y el ambiente contribuyendo al desarrollo sostenible.	Noción de la situación actual de los RESPEL en Colombia y las bases de política para la gestión integral de los mismos. Conocimiento de los objetivos, las estrategias y acciones específicas y generales de la Política Nacional, además de su plan de acción.
LEY 253 DE 1996	Adopta Convenio internacional sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.	Reducir la generación de desechos peligrosos al mínimo desde el punto de vista de la cantidad y los peligros potenciales.
NTC 4435 DE 2010	Preparación de Hojas de Seguridad para materiales	Explicación de las secciones que contienen las Hojas de Datos de Seguridad, las cuales fueron incluidas en la metodología de este trabajo.
GTC 45 DE 2012	Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.	Formula la metodología que debería ser utilizada para la identificación los peligros y valoración de los riesgos, con el fin de que se puedan establecer los controles necesarios.

Nota: Legislación ambiental colombiana aplicada en el presente trabajo de grado. Por Herrera D., 2020.

Metodología

La metodología de este estudio posee un objetivo analítico puesto que evalúa una presunta relación causa-efecto; además tiene una dirección temporal longitudinal, ya que puede establecerse una secuencia temporal entre las distintas variables; el diseño de la metodología se realiza posterior a los hechos estudiados y los datos se obtienen de archivos o de lo que los sujetos o profesionales refieren, por lo tanto la cronología es retrospectiva; el tipo de intervención es observacional, pues el investigador llevara a cabo la observación, medición y análisis de determinadas variables, sin ejercer un control directo de la intervención. Por otro lado, la investigación está fundamentada en niveles de medición y análisis de la información de carácter cuantitativo y cualitativo debido a la naturaleza de los datos requeridos para el estudio, orientada a los aspectos ambientales, y se divide en tres fases (*Ilustración 4*) las cuales se describen a continuación:

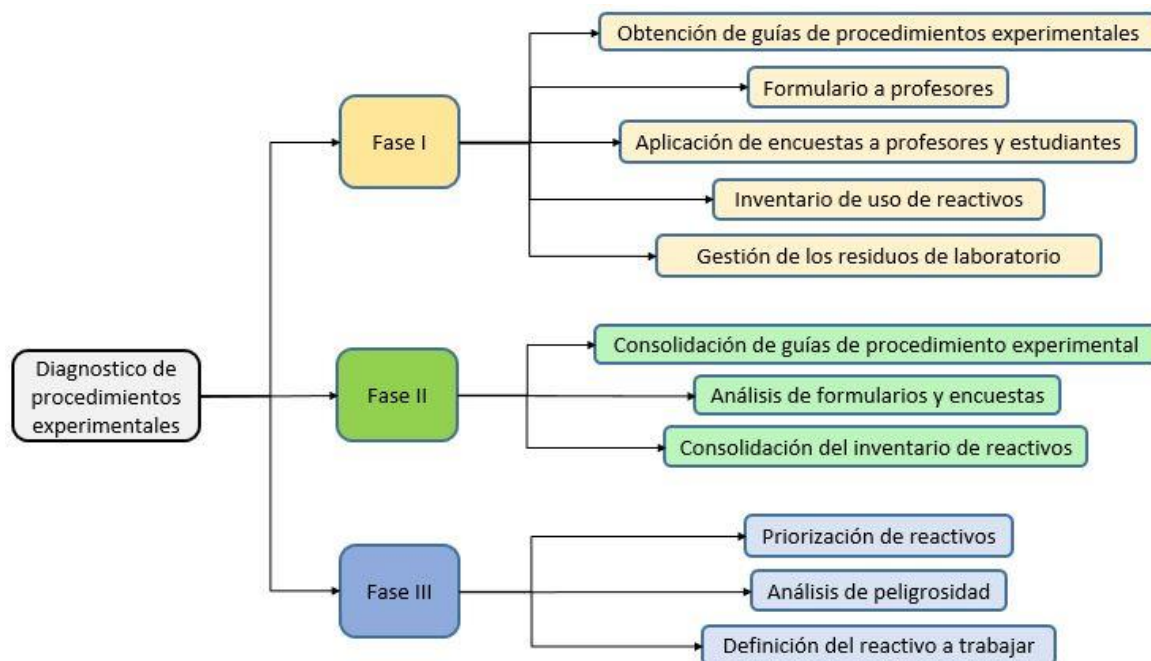


Ilustración 4: Metodología. Por Herrera D.,2020.

FASE I y II: Diagnostico

Obtención de guías de laboratorio

Se solicitó por medio de una carta dirigida a la decanatura de Facultad de Ingeniería Ambiental, la lista de los profesores que tiene espacios académicos en los cuales se realizan procedimientos experimentales de laboratorio, luego, se solicitó vía correo electrónico institucional a dichos profesores, el envío de las guías de laboratorio que se utilizan actualmente durante todo el semestre (*Anexo A*). Según los datos recibidos por parte de la decanatura, los espacios académicos en los cuales se realizan procedimientos experimentales de laboratorio son 16, de los cuales, para este trabajo se tuvieron en cuenta 11, los demás fueron excluidos pues en sus prácticas no se utilizan reactivos químicos, obteniendo 53 guías de laboratorio para el desarrollo de las siguientes etapas de este trabajo.

Con estos datos, se realizó un archivo en Excel en donde se especificó la asignatura, el docente encargado de la misma, los nombres de las guías de laboratorio, los tipos y la cantidad total de reactivos utilizados; esto, sin tener en cuenta la cantidad de veces que se utiliza cada guía de laboratorio por parte de los grupos de estudiantes durante el semestre.

Formulario y encuestas

Se solicitó a los 9 profesores objeto del estudio mediante un formulario (*Anexo B*), los nombres de los espacios académicos con prácticas de laboratorio que dirigen, la cantidad de cursos que dirigen por cada espacio académico, la cantidad de estudiantes en cada curso y la cantidad de grupos que maneja por cada curso, obteniendo el 100% de las respuestas a la solicitud. Para este caso, se envió vía correo institucional un formulario en formato Excel para que cada profesor diligenciara la información y pudiera remitirla nuevamente al correo. Dichos datos fueron usados para obtener el valor real del consumo de reactivos por parte de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Ambiental durante el primer semestre 2019.

Se realizó una encuesta en “Formulario de Google” (*Anexo C*) la cual estaba dirigida a los estudiantes que han cursado más de cinco semestres en la Facultad de Ingeniería Ambiental, con el objeto de evidenciar su conocimiento frente a la Química Verde. Se establecieron más de cinco semestres, ya que estos estudiantes han realizado una cantidad considerable de procedimientos experimentales en sus estudios y, por tanto, pueden dar una respuesta más objetiva a las preguntas. Para conocer la cantidad de estudiantes que se encuentran matriculados en estos semestres, se solicitó a la secretaria de la facultad el respectivo listado con nombre, semestre y correo electrónico de los mismos, sin embargo, solo nos otorgaron la cantidad de estudiantes por semestre, dando como resultado un total de 213 estudiantes.

Para determinar el número de muestra de estudiantes a los que se les realizaría la encuesta, se aplicó la metodología de muestreo de poblaciones finitas (Ecuación 1), que permite obtener muestras válidas y apropiadas para garantizar la confiabilidad y representatividad estadística.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Ecuación 1: Número de muestra, población finita

Donde:

- N = Total de la población
- Z_{α} = 1.96 al cuadrado (si la confiabilidad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 50% = 0.5)
- q = 1 – p (en este caso 1-0.5 = 0.5)
- d = precisión (en su investigación use un 5%).

Luego de realizar los cálculos para hallar la muestra poblacional (Ecuación 2), dio como resultado 137 estudiantes.

$$n = \frac{213 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (213 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 137$$

Ecuación 2: Calculo número de muestra, población finita

Después de obtener la muestra poblacional, la encuesta fue enviada al correo institucional de los estudiantes a quienes iba dirigida y se obtuvieron el 100% de las respuestas esperadas.

Además, se envió por medio del correo institucional a los profesores de la Facultad de Ingeniería Ambiental que dictan asignaturas en las cuales se llevan a cabo prácticas de experimentales y algunos administrativos que tienen que ver con los laboratorios, la misma encuesta (*Anexo C*) realizada a los estudiantes, con el fin de determinar su conocimiento frente al concepto de Química Verde y los mecanismos que ellos efectúan para tratar o disponer los residuos químicos resultantes de dichos procedimientos. Obteniendo finalmente el 100% de las respuestas.

Con la información resultante de las encuestas realizadas a los estudiantes, profesores y administrativos, se hizo un análisis estadístico descriptivo en el software SPSS (*Anexos I y J*), donde se ejecutó el procedimiento “Frecuencia”, que proporciona diversos resultados estadísticos con la posibilidad de ordenarlos en tablas, además de crear gráficos como los diagramas de sectores (pie charts), los cuales fueron seleccionados para este proyecto.

Inventario de uso de reactivos

Se solicitó vía correo electrónico a la Coordinación de Laboratorio de la Universidad, el inventario del uso de reactivos por parte de los docentes de la Facultad de Ingeniería Ambiental durante los periodos de 2018-1 a 2019-1, esto para tener un dato aproximado del uso de reactivos y generación de residuos por parte de la facultad.

El inventario de uso de reactivos de los periodos solicitados no fue proporcionado, sin embargo, la Coordinación de Laboratorio envió la cuantificación de la generación de residuos peligrosos de los años 2017 y 2018 (*Anexo D*), en donde se puede constatar que la Facultad de Ingeniería Ambiental se clasifica como pequeño generador.

Gestión de los residuos de laboratorios

Se requirió mediante correo electrónico a la Coordinación de Gestión Ambiental de la Universidad, información sobre la gestión actual de los residuos peligrosos generados por procedimientos experimentales en laboratorios, como la disposición, el almacenamiento temporal, el empaçado, el etiquetado, las normas de seguridad, el tratamiento y la disposición final.

FASE III: Análisis de la peligrosidad de las guías de laboratorio

El análisis de la peligrosidad de las guías de laboratorio fue tomado y adaptado de la metodología establecida en el estudio de Lithner; Larsson; Dave, 2011 (Lithner et al., 2011), estudio que realizó la clasificación de la peligrosidad de 55 diferentes tipos de polímeros plásticos basado en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos – SGA y en la Agencia Sueca de Sustancias Químicas. En ese estudio se consideraron los peligros a la salud y los peligros al medio ambiente, sin embargo, no se consideraron todos los peligros físicos presentes en el SGA. En el presente estudio, se adapta esta metodología, actualizando los peligros existentes y adicionando los peligros físicos a la versión más reciente del SGA. Además, se adecúan los criterios de valoración bajo conceptos reales del caso de estudio y se describe a continuación:

Se realizó un consolidado de los tipos, clases y categorías de peligros presentes en el SGA (*Anexo E*). A partir de allí se elaboró una matriz en Excel (Tabla 2) que categoriza los peligros físicos, a la salud humana y al medio ambiente en cinco niveles de peligros (I-V) conforme su categoría de peligro, otorgándoles un valor exponencial (grado de peligro) que varía entre 1 y 10.000, siendo 1 los reactivos que menor peligros representan.

Tabla 2: Matriz de categorización de peligros con base al Sistema Globalmente Armonizado.

Clase de peligro (categoría)	Abreviatura	Nivel de peligro	Grado de peligro
Explosivos (inestables)	Expl. Ines.	V	10000
Aerosoles (cat. 2)	Aero. 1		
Gases inflamables (principalmente cat. 1)	Gas. Infla. 1A; Gas. Infla. 1B		
Líquidos inflamables (Cat. 1)	Liq. Inf. 1		
Sustancia o mezcla autorreactiva (tipo A)	Autorreacción A		
Líquidos / sólidos pirofóricos	Pir. Liq. 1; Pir. Sol. 1		
Explosivos (Div 1.1)	Expl. 1.1		
Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontaneo	Sus. Espon. 1		
Peróxido orgánico (tipo A)	Org. Perox. A		
Corrosión / irritación cutánea (cat. 1A; 1B; 1C)	Corr. Cut. 1A; Corr. Cut. 1B; Corr. Cut. 1C		
Lesiones oculares graves / irritación ocular (cat. 1)	Les. Ojo. 1		
Mutagenicidad en células germinales (cat. 1A)	Muta 1A		

Tabla 2. Continuación

Clase de peligro (categoría)	Abreviatura	Nivel de peligro	Grado de peligro
Carcinogenicidad (cat. 1A)	Carc. 1 ^a	IV	1000
Toxicidad aguda (cat. 1 - oral; dérmica; inhalación)	Tox. agu. 1		
Toxicidad para la reproducción (cat. 1A)	Repr. 1A		
Gases inflamables (principalmente Cat 2)	Gas. Infla. 2		
Aerosoles (cat. 2)	Aero. 2		
Explosivos (Div 1.2)	Exp. 1.2		
Líquidos inflamables (Cat. 2)	Liq Inf. 2		
Sólido inflamable (Cat. 1)	Sol. Inf. 1		
Sustancia o mezcla autorreactiva (tipo B)	Autorreacción B		
Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo	Sus. Esp. 2		
Sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables	Sus. Agua. Infl. 1		
Peróxido orgánico (tipo B)	Org. Perox. B		
Corrosión / irritación cutánea (cat. 2)	Corr. Cut. 2		
Toxicidad aguda (cat. 2 - oral; dérmica; inhalación)	Tox. agu. 2		
Sensibilización respiratoria / cutánea (cat. 1)	Sens. Resp. 1A; Sens. Resp. 1B		
Carcinogenicidad (cat. 1B)	Carc. 1B		
Mutagenicidad en células germinales (cat. 1B)	Muta. 1B		
Lesiones oculares graves / irritación ocular (cat. 2)	Les. Ojo. 2A; Les. Ojo. 2B		

Tabla 2. Continuación

Clase de peligro (categoría)	Abreviatura	Nivel de peligro	Grado de peligro
Toxicidad para la reproducción (cat. 1B)	Repr. 1B	III	100
Toxicidad específica en determinados órganos: exposición única (cat. 1)	Tox. Esp. Uni. 1		
Toxicidad específica en determinados órganos: exposición repetida (cat. 1)	Tox. Esp. Rep. 1		
Peligroso para el medio ambiente acuático (Crónico cat. 1; Agudo Cat. 1)	Agua. Cro. 1; Agua. Agu. 1		
Líquidos inflamables (Cat. 3)	Liq. Inf. 3		
Sólido inflamable (Cat. 2)	Sol. Inf. 2		
Explosivos (Div 1.3)	Expl. 1.3		
Sustancia o mezcla autorreactiva (tipo C; D)	Autorreacción C; Autorreacción D		
Sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables	Sus. Agua. Infl. 2		
Peróxido orgánico (tipo C; D)	Org. Perox. C; Org. Perox. D		
Explosivos insensibilizados	Exp. Ins. 1		
Toxicidad aguda (cat. 3 - oral; dérmica; inhalación)	Tox. agu. 3		
Carcinogenicidad (cat. 2)	Carc. 2		
Mutagenicidad en células germinales (cat. 2)	Muta. 2		
Corrosión / irritación cutánea (cat. 3)	Corr. Cut. 3		

Tabla 2. Continuación

Clase de peligro (categoría)	Abreviatura	Nivel de peligro	Grado de peligro
Toxicidad para la reproducción (cat. 2)	Repr. 2	II	10
Toxicidad específica en determinados órganos: exposición única (cat. 2)	Tox. Esp. Uni. 2		
Toxicidad específica en determinados órganos: exposición repetida (cat. 2)	Tox. Esp. Rep. 2		
Peligro de aspiración (cat. 1)	Aspir. 1		
Peligroso para el medio ambiente acuático (Cronico cat. 2; Agudo cat. 2)	Agua. Cro. 2; Agua. Agu. 2		
Explosivos (Div 1.4)	Expl. 1.4		
Aerosoles (cat. 3)	Aero. 3		
Gases Comburentes (cat 1)	Comb. 1		
Gases bajo presión (Cat. 1)	Gas. Pres. 1		
Líquidos inflamables (Cat. 4)	Liq. Inf. 4		
Sustancia o mezcla autorreactiva (tipo E; F)	Autorreacción E; Autorreacción F		
Sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables	Sus. Agua. Infl. 3		
Líquidos / sólidos Comburentes (Cat. 1)	Liq. Comb. 1; Sol. Comb. 1		
Peróxido orgánico (tipo E; F)	Org. Perox. E; Org. Perox. F		
Sustancias y mezclas corrosivas para metales	Sus. Corr. Met. 1		
Explosivos insensibilizados	Exp. Ins. 2		

Tabla 2. Continuación

Clase de peligro (categoría)	Abreviatura	Nivel de peligro	Grado de peligro
Toxicidad aguda (cat. 4 - oral; dérmica; inhalación)	Tox. agu. 4	I	1
Toxicidad específica en determinados órganos: exposición única (cat. 3)	Tox. Esp. Uni. 3		
Peligro de aspiración (cat. 2)	Áspir. 2		
Peligroso para el medio ambiente acuático (Crónico cat. 3; Agudo cat. 3)	Agua. Cro. 3; Agua. Agu. 3		
Explosivos (Div 1.5; 1.6)	Expl. 1.5; Expl. 1.6		
Gases Comburentes (cat 1)	Comb. 1		
Sustancia o mezcla autorreactiva (tipo G)	Autorreacción G		
Líquidos / sólidos Comburentes (Cat. 2; 3)	Liq. Comb. 2; Liq. Comb. 3; Sol. Comb. 2; Sol. Comb. 3		
Peróxido orgánico (tipo G)	Org. Perox. G		
Explosivos insensibilizados	Exp. Ins. 3; Exp. Ins. 4		
Toxicidad aguda (cat. 5 - oral; dérmica; inhalación)	Tox. agu. 5		
Corrosión / irritación cutánea (cat. 3)	Corr. Cut. 3		
Peligroso para la capa de ozono	Ozono. 1		
Peligroso para el medio ambiente acuático (Crónico cat. 4)	Agua. Cro. 4		

Nota: Categorización de los peligros en niveles del I al V según el SGA. Por Herrera D., 2020.

Por otro lado, se realizó la consolidación de las 53 guías de laboratorio que hacen uso de reactivos en las prácticas de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental, y a partir de allí, se procedió a registrar de manera independiente, la información de cada guía de laboratorio en un formato (*Anexo F*) creado en el software Microsoft Excel, en donde se describen los reactivos químicos usados, la cantidad requerida y su grado de peligro.

Para determinar el grado de peligro de cada reactivo químico, se elaboró una matriz que relaciona cada reactivo, la cantidad total usada y sus categorías de peligro. En total fueron identificados 106 reactivos. Las categorías de peligro fueron tomadas de la Ficha de Datos de Seguridad – FDS de cada reactivo, y basado en la conversión de la matriz de categorización (Tabla 2), se consiguió determinar el grado de peligro de cada uno de estos reactivos (*Anexo G*). En cuanto a la cantidad que se usa de cada reactivo, esta información sirvió para tener un dato aproximado del gasto de reactivos que realiza el programa académico de Ingeniería Ambiental de la sede Villavicencio (Ilustraciones 5 y 6).

Una vez obtenidos los resultados de la matriz de evaluación (*Anexo G*), se procedió a colocar el valor del grado de peligro de cada reactivo en el formato de cada guía de laboratorio (*Anexo F*), consiguiendo de esta manera, obtener el resultado del grado de peligro total de cada guía de laboratorio producto de la suma del grado de peligro de cada reactivo; los resultados pueden ser observados en la Tabla 3. Estos valores sirvieron como un primer criterio de priorización para establecer el ranking de las guías conforme a la peligrosidad.

Tabla 3: Grado de Peligro Total de las guías de laboratorio (Continuación de la Tabla 3 en las páginas 44 y 45).

Nombre Espacio Académico	Nombre de la Guía de Laboratorio	Código de la Guía	Grado de Peligro Total
Introducción a la Ingeniería	Guía N° 1: Test de jarras	IA1	11.100
	Guía N° 1: Microscopía	B1	2.000
	Guía N° 2: Características de los seres vivos	B2	2.020
	Guía N° 3: Células Vegetales	B3	6.040
	Guía N° 4: Células animales	B4	2.020
	Guía N° 5: Mitosis y meiosis	B5	12.310
	Guía N° 6: Fotosíntesis y respiración celular	B6	23.210
	Guía N° 7: Protozoos, hongos y levaduras	B7	22.210
	Guía N° 8: Tejidos Humanos	B8	2.000
Biología	Guía N° 9: Genética	B9	2.000
Mecánica de fluidos	Guía N° 1: Propiedades de los fluidos	MF1	2.110
Termodinámica	Guía N° 2: Motor Stirling como máquina térmica	T1	2.000
Tratamiento de Agua Potable	Guía N° 1: Determinación de Características Físicas del Agua	TAP1	-
	Guía N° 4: Test de jarras	TAP2	22.110
	Guía N° 5: Test de jarras + alcalinidad	TAP3	42.120
Química Orgánica	Guía N° 1 : Diferencias entre compuestos orgánicos e inorgánicos	QO1	97.240
	Guía N° 2 : Reconocimiento de propiedades de los compuestos orgánicos: determinación del punto de ebullición de una sustancia pura, densidad y pH.	QO2	30.740

Tabla 3. Continuación

Nombre Espacio Académico	Nombre de la Guía de Laboratorio	Código de la Guía	Grado de Peligro Total
	Guía N° 3: Reconocimiento de propiedades de los compuestos orgánicos: determinación del punto de fusión de una sustancia pura. obtención de hidrocarburos	QO3	75.531
	Guía N° 4 : Identificación de grupos funcionales por solubilidad	QO4	100.110
	Guía N° 5 : Obtención de isómeros	QO5	23.131
	Guía N° 6 : Reconocimiento de alcoholes	QO6	113.011
	Guía N° 7: Reacciones de aldehídos, cetonas y lípidos	QO7	157.622
	Guía N° 8: Identificación de ácidos carboxílicos y reacciones de esterificación	QO8	151.510
	Guía N° 9: Polimerización	QO9	41.330
	Guía N° 10: Propiedades químicas de biomoléculas	QO10	64.530
Química Inorgánica	Guía N° 2 : Determinación Propiedades Físicas Masa, Peso y Volumen	QI1	42.221
	Guía N° 3: Propiedades físicas y químicas de la materia	QI2	68.552
	Guía N° 4: Métodos de separación de mezcla s1: filtración, centrifugación, extracción, decantación y evaporación	QI3	3.020
	Guía N° 5: Métodos de separación de mezcla s2: cromatografía y destilación	QI4	21.770
	Guía N° 6: Enlaces Químicos	QI5	70.890
	Guía N° 7: Funciones Inorgánicas	QI6	33.320
	Guía N° 8: Preparación de soluciones	QI7	47.341
	Guía N° 9: Reacciones químicas y estequiometría	QI8	126.733
Microbiología	Guía N° 1: Bioseguridad y Microscopía	M1	1.100
	Guía N° 2: Esterilización materiales y Siembra	M2	0

Tabla 3. Continuación

Nombre Espacio Académico	Nombre de la Guía de Laboratorio	Código de la Guía	Grado de Peligro Total
	Guía N° 3: Descripción macroscópica y microscópica	M3	41.550
	Guía N° 4: Bioquímica	M4	73.401
	Guía N° 5: Curva de crecimiento	M5	20.230
	Guía N° 6: Muestreo e identificación de coliformes en agua	M6	0
Tratamiento de Aguas Residual	Guía N° 1: Neutralización de las aguas residuales	TAR1	21.320
	Guía N° 2: Análisis de DBO y Sólidos suspendidos en las aguas residuales	TAR2	13.030
	Guía N° 3: Capacidad de autodepuración de una fuente hídrica	TAR3	13.030
	Guía N° 4: Tanque de igualamiento	TAR4	0
	Guía N° 5: Efecto del reuso sobre la concentración de carga orgánica del agua residual	TAR5	13.030
	Guía N° 6: Biorreactor tipo Batch	TAR6	13.030
	Guía N° 7: Biorreactor Anaerobio por lotes	TAR7	13.030
	Guía N° 8: Monitoreo de las aguas residuales del municipio de Restrepo	TAR8	13.030
	Guía N° 9: monitoreo de las aguas residuales de la PTAR Salitre y OPAIN en Btá.	TAR9	13.030
	Guía N° 9: monitoreo de las aguas residuales de la PTAR Salitre y OPAIN en Btá.	TAR10	0
Energías	Guía N° 1: Caracterización de Sustratos Orgánicos	EA1	60.021
Alternativas	Guía N° 2: Radiación Solar	EA2	0
Electroquímica	Guía N° 1: Reacciones espontáneas, celdas galvánicas e hidrólisis	EQ1	19.340
	Guía N° 2: Medición de metales pesados (As, Pb, Hg y Cd) en agua subterránea con analizador de metales HM1000	EQ2	0

Nota: Peligro total de cada una de las guías de laboratorio tenidas en cuenta en este trabajo de grado. Por Herrera D., 2020.

Otro criterio de priorización para el ranking, fueron las sustancias que tenían clase de peligro de carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción, las cuales, según el Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible), el Decreto 4741 de 2005 y la Resolución 0312 de 2019, deben tener una especial atención a fin de establecer estrategias de reducción y/o eliminación. Para el caso de estudio, se seleccionaron los reactivos con estas clases de peligros independientemente de su categoría de peligro. En total fueron 16 reactivos con estas clases de peligros (carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción) y 21 guías de laboratorio que contenían entre 1 y 4 de dichos reactivos (*Anexo H*).

Para el ranking, se priorizaron los reactivos con categorías de peligro 1A y 1B, basándose en el estudio de Lithner, Larsson, Dave, 2011 (Lithner et al., 2011). Como resultado de dicha priorización, se obtuvieron 7 reactivos y 13 guías con clases de peligro carcinogénico, mutagénico y/o tóxico para la reproducción, estas últimas fueron establecidas en los primeros puestos del ranking independientemente del grado de peligro total.

Para determinar el orden de las 13 guías de laboratorio, se tomó como base la priorización inicial de los 7 reactivos, dando como resultado: Nitrato de Plomo, Acetocarmín. Dicromato de Potasio, Fenol, Fenolftaleína, Formaldehído y Borato de Sodio. La guía de laboratorio que contenía el Nitrato de Plomo se instauró como la primera en la lista y la guía que contenía Borato de Sodio fue la séptima en la lista. Este orden fue establecido por el autor basándose en la categoría de peligro, seguido de las clases de peligros (Tabla 4).

Tabla 4: Ranking de las guías de laboratorio con clase de peligro de mutagenicidad, carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción (continuación de la Tabla 4 en la página 48).

Reactivo	Nombre de la Guía de Laboratorio	Cód. Guía	Clase y Categoría de Peligro			Cant. usada	Unidad	Orden en el Ranking
			Mutagenicidad en células germinales	Carcinogenicidad	Toxicidad para la reproducción			
Nitrato de plomo	Guía N° 3: Propiedades físicas y químicas de la materia	QI2		1B	1A	0,2	gr	1
Acetocarmin (Carmin)	Guía N° 5: Mitosis y meiosis	B5		2	1A	100	ml	2
Dicromato de potasio	Guía N° 1: Caracterización de Sustratos Orgánicos	EA1	1B	1B	1B	20	gr	3
fenol	Guía N° 3: Reconocimiento de propiedades de los compuestos orgánicos: determinación del punto de fusión de una sustancia pura. Obtención de hidrocarburos	QO3	1B		1B	3	ml	4

Tabla 4. Continuación

Reactivo	Nombre de la Guía de Laboratorio	Cód. Guía	Clase y Categoría de Peligro			Cant. usada	Unidad	Orden en el Ranking
			Mutagenicidad en células germinales	Carcinogenicidad	Toxicidad para la reproducción			
Fenolftaleína	Guía N° 6: Fotosíntesis y respiración celular	B6				250	ml	5
	Guía N° 1: Neutralización de las aguas residuales	TAR 1				100	ml	6
	Guía N° 1: Reacciones espontáneas, celdas galvánicas e hidrólisis	EQ1				4	ml	7
	Guía N° 9: Reacciones químicas y estequiometría	QI8	2	1B	2	2	ml	8
	Guía N° 6: Reconocimiento de alcoholes y fenoles	QO6				0,6	ml	9
	Guía N° 8: Preparación de soluciones	QI7				0,6	ml	10
	Guía N° 7: Funciones inorgánicas	QI6				0,6	ml	11
Formaldehído	Guía N° 7: Reacciones de aldehídos, cetonas y lípidos	QO7	2	1B		3	ml	12
Borato de sodio	Guía N° 9: Polimerización	QO9			1B	4	gr	13

Nota: Ranking de las guías de laboratorio. Por Herrera D., 2020.

En el caso específico de las 7 guías de laboratorio que relaciona la Fenolftaleína en la Tabla 4, estas fueron priorizadas conforme la cantidad usada. En el caso de QO6, QI7 y QI6 donde la cantidad de Fenolftaleína usada es la misma, se tuvo en cuenta el grado de peligro total que describe la Tabla 3.

Como delimitación del estudio, se tiene que la exposición no está incluida en el modelo de clasificación. Además, no se consideran las mezclas que se puedan originar producto de las reacciones en la práctica de laboratorio.

Resultados y Análisis

Resultados de las encuestas a estudiantes

Cerca del 72% de los estudiantes de la FIA conocen el concepto de Química Verde, esto da a entender que los estudiantes tienen nociones básicas, pero no se puede asegurar que su conocimiento provenga de estrategias prácticas implementadas por la facultad o de manera independiente por los profesores.

Aunque la mayoría de los estudiantes tiene conocimiento del concepto de Química Verde, el 50% no sabe si ha sido aplicado en un espacio académico, no obstante, los estudiantes tienen un conocimiento básico de la Química Verde, pero este no es suficiente para que consigan diferenciar si es aplicado o no en sus prácticas de laboratorios. Otro 30% manifiesta que no son aplicados, dando claro indicio de la falta de estrategias pedagógicas enfocadas hacia la formación y conciencia de los estudiantes, además de la falta de aplicación de prácticas sustentables encauzadas al desarrollo de prácticas de laboratorios.

Cerca del 74% de los estudiantes de la FIA no conocen el término de trabajo en microescala, siendo uno de los conceptos básicos aplicados en el ámbito de la sustentabilidad de laboratorios. Por tanto, se evidencia la necesidad de fomentar prácticas que permitan a los estudiantes adquirir conocimiento en medidas de minimización de impacto ambiental en el desarrollo de actividades que hagan uso de sustancias químicas.

El Sistema Globalmente Armonizado - SGA es la guía para la clasificación y etiquetado de productos químicos, además establece la forma de estructurar una Ficha de Datos de Seguridad, una herramienta muy importante a la hora de manejar sustancias químicas; el 40% de los estudiantes desconocen su existencia y, por tanto, su aplicación e importancia, siendo un indicador del grado de desconocimiento sobre la gestión del riesgo químico por parte de los estudiantes.

Un 60.5% de los estudiantes manifiestan que siempre fueron informados sobre la peligrosidad de las sustancias que iban a usar en las prácticas de laboratorios, sumado al 28% que manifiesta que casi siempre fueron informados. Esto da claridad de la intervención de personal de laboratorio que da recomendaciones previas a la hora de comenzar la práctica. Sin

embargo, esto no quiere decir que refleja que los estudiantes estén en la capacidad de responder ante una emergencia ocasionada por estas sustancias.

Entendiendo que la mayoría de residuos resultantes de las prácticas de laboratorio manejan algún grado riesgo por su composición química o característica de peligrosidad, algunos deben y pueden ser neutralizados para almacenar y/o disponer finalmente; para el caso de la FIA, el 39% de los estudiantes nunca realizó una neutralización, sumado al 40% que pocas veces lo hizo, deja un dato relevante sobre la falta de indicaciones en las guías de laboratorio y por parte de los profesores sobre la gestión de los residuos resultantes de las prácticas, esto además, repercute en la conciencia de los estudiantes frente a la cadena en custodia para la gestión de residuos peligrosos. Es importante destacar que en las universidades en general existe la falencia de tener un laboratorio de residuos peligrosos, pues la mayoría considera que este espacio académico necesita de mucha normatividad, por ende, no se enseña enfáticamente como neutralizar, disponer, y caracterizar este tipo de residuos, o como diseñar sitios de disposición adecuados.

El 84% de los estudiantes algunas veces han arrojado al sifón los residuos químicos generados en una práctica de laboratorio, esto por desconocer cómo gestionarlos. Considerando además que un gran porcentaje de estos residuos no son neutralizados, existe la posibilidad alta de que una parte de estas sustancias químicas sean vertidas al sifón con su composición química y característica de peligrosidad natural, repercutiendo en la salud humana y el medio ambiente. Esto nuevamente refleja la falta de sensibilización a los estudiantes desde su formación profesional.

El 42% de los estudiantes reflejan la necesidad de la revisión de las guías de laboratorio, la cual, deberá considerar los impactos ambientales y la manera de gestionar los residuos producidos. Esto traerá un cumplimiento transversal entre los objetivos del espacio académico y la filosofía de la facultad.

Un 44% de los estudiantes no han sido informados sobre el manejo que se debe dar a los residuos resultantes de las prácticas de laboratorio, se puede entonces deducir, que ese porcentaje de estudiantes desconozcan la manera de tratar y gestionar estos residuos. Eso no solo es un indicio de un posible impacto al medio ambiente, sino determina la necesidad de tener un mecanismo que permita al estudiante mantenerse informado a la hora de manejar estas sustancias.

Se ve la necesidad de una revisión y de ser necesario una adecuación a las guías de laboratorio, para que vayan afín con los principios de desarrollo sostenible y considere la manera

de gestionar los residuos resultantes y de esta manera cumpla con los propósitos de la facultad y forme estudiantes conscientes de sus acciones.

Resultados de las encuestas a docentes y administrativos

El 87,5% de los encuestados poseen el conocimiento sobre Química Verde, aunque desconocen si se aplica en los espacios académicos surgiendo así la necesidad de mayor control sobre la sostenibilidad en las prácticas de laboratorio que se desarrollan en la FIA.

Solo el 50% de los encuestados tiene conocimientos sobre el trabajo en microescala, lo que significa que también se debe capacitar a los docentes y administrativos en este tema, ya que es fundamental aplicarlo en las prácticas de laboratorio, con el objetivo de minimizar los residuos generados y los impactos que estos producen en la salud y el ambiente.

Cerca del 82% de la población encuestada conoce el SGA, sin embargo, es necesario incluir este sistema en los espacios académicos en los cuales se manejan sustancias químicas y capacitar a los profesores en este tema con el fin de que puedan formar a los estudiantes bajo conceptos necesarios para la gestión y manejo adecuado de sustancias químicas.

La mayor parte de los encuestados nunca ha tenido que neutralizar residuos químicos resultantes de las prácticas de laboratorio, esto podría ser porque no tienen el conocimiento para hacerlo o porque los residuos generados en las practicas no necesitan ser neutralizados, por lo tanto, se necesita conocer las razones por las cuales se obtuvieron estas respuestas.

El 60,5% considera que el desarrollo de las guías de laboratorio no tiene en cuenta el riesgo ambiental de las sustancias químicas usadas y de las que se generan, lo que indica que se debe realizar una revisión y modificación de las mismas para que sean tenidos en cuenta estos riesgos. El 39,5% restante considera que los riesgos ambientales si son tenidos en cuenta en las guías; en este caso habría que conocer los motivos por los cuales se obtuvo esta respuesta.

Más del 50% de los encuestados no ha recibido información sobre el manejo que se debe dar a los residuos resultantes de las prácticas, por lo tanto, se evidencia la necesidad de capacitar tanto a docentes como administrativos sobre los procesos adecuados que se deben realizar para gestionar los residuos peligrosos.

El 100% de la población encuestada considera importante que las guías de laboratorios sean elaboradas teniendo en cuenta la peligrosidad y el concepto de desarrollo sostenible, por

ende, se evidencia el apoyo por parte de los formadores de profesionales en Ingeniería Ambiental en cuanto al mejoramiento de la gestión de reactivos y residuos que se generan a partir de las prácticas de laboratorio de la FIA.

Resultados de la gestión de los residuos de laboratorios

Luego de realizar el requerimiento frente a la Coordinación de Gestión Ambiental de la Universidad, se obtuvo la siguiente información como respuesta:

Actualmente dentro del Sistema de Gestión Ambiental de la sede Villavicencio, se cuenta con el programa de Residuos Peligrosos donde se definen cuatro líneas de trabajo para la vigencia 2018-2019, además se adelanta el proceso de revisión de información y documentación de la gestión de residuos peligrosos en la Universidad, donde se incluyen los residuos de laboratorios.

En cuanto al manejo de los residuos líquidos, en cada uno de los laboratorios se disponen recipientes de color rojo, con capacidad de 1.5 litros en el calibre recomendado por la empresa gestora, además estos residuos se neutralizan antes de depositarlos en los recipientes mencionados con su respectivo rótulo.

Los residuos sólidos son depositados en las canecas rojas ubicadas en los laboratorios, las cuales cuentan con bolsas de calibre 1.4; dichas bolsas luego se rotulan y almacenan.

Respecto a los residuos de cultivos biológicos, estos se neutralizan en la autoclave, se depositan en bolsas rojas las cuales se rotulan y se entregan a la empresa gestora.

Los residuos corto punzantes se depositan en guardianes; en la Universidad se disponen dos tipos de guardián: de 2,9 litros y 5 litros, según el uso del laboratorio; sin embargo, cuando el guardián completa el 50% de su capacidad, se almacena y se entrega a la empresa IMEC.

En relación al etiquetado, se adelantan ajustes basados al SGA para su normalización con el Sistema de Gestión de la Calidad. Actualmente los residuos son almacenados en los laboratorios, durante máximo 15 días para líquidos y biológicos, pero ya se aprobó el área y diseño del cuarto de almacenamiento de RESPEL, donde fue definida el área específica para residuos químicos y biológicos, en trabajo articulado con las Coordinaciones de Seguridad y Salud en el Trabajo, Planta Física y Servicios Generales. La recolección, tratamiento y/o disposición de los residuos es realizada por la empresa IMEC S.A E.S.P., quien entrega los manifiestos de transporte cada vez que realiza la recolección, con relación a los certificados de tratamiento y/o disposición.

Resultados de la cantidad total de reactivos usada en la FIA

En la ilustración 5 se presenta la lista con la cantidad total en mililitros de los reactivos usados en las distintas guías de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental que se usan durante un semestre académico:

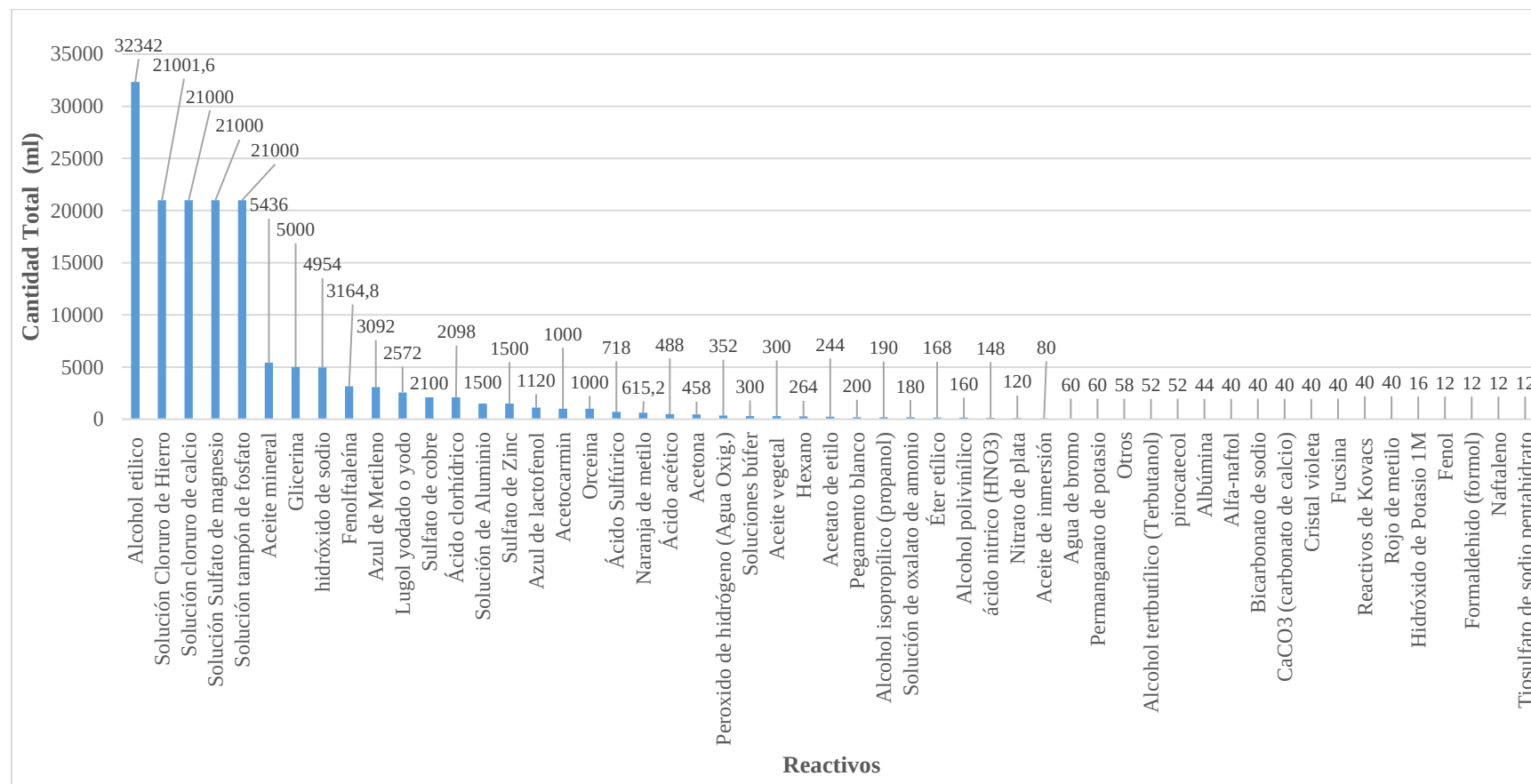


Ilustración 5: Cantidad total de reactivos usada en mililitros. Por Herrera D., 2020.

Los primeros cinco reactivos (Alcohol etílico y las soluciones de Cloruro de hierro y de calcio, Sulfato de magnesio y Tampón de fosfato) de la Ilustración 5, representan el 74.32% del total de reactivos usados en mililitros por la guías de laboratorio; algunos de ellos como el Alcohol etílico, el Cloruro de hierro y el Cloruro de calcio presentan peligros como inflamabilidad, corrosión para metales, toxicidad aguda, irritación cutánea y ocular, excepto los últimos dos reactivos mencionados (Sulfato de magnesio y Tampón de fosfato) pues no poseen las características que confieren peligrosidad.

En la Ilustración 6 se presenta la lista con la cantidad total en gramos de los reactivos usados en las distintas guías de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental que se usan durante un semestre académico:

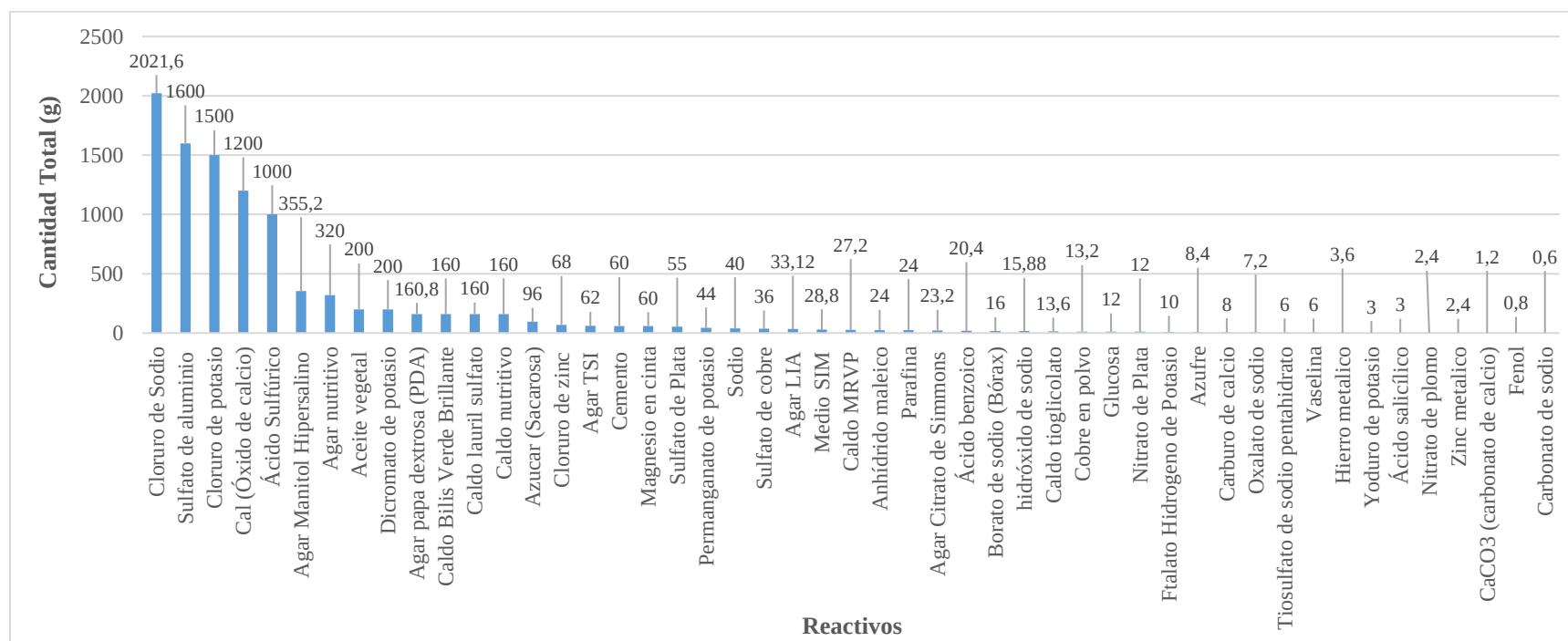


Ilustración 6: Cantidad total de reactivos usada en gramos. Por Herrera D., 2020.

Los primeros siete reactivos de la Ilustración 6 (Cloruro de sodio, Cloruro de potasio, Agar Manitol hipersalino, Agar Nutritivo, Sulfato de aluminio, Óxido de calcio, y Ácido sulfúrico) representan el 80,9% de los reactivos usados en gramos; los primeros 4 reactivos mencionados están clasificados como no peligrosos, mientras que el Sulfato de aluminio, Óxido de calcio y Ácido sulfúrico poseen peligros como corrosión para metales, irritación cutánea y ocular, toxicidad acuática aguda y crónica, toxicidad específica de órganos diana - exposición única.

Es posible observar que, en ambos casos (tanto en unidades de mililitro, como en gramos) los reactivos presentan peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente. Además, cabe resaltar que se identificaron reactivos que no estaban medidos en las unidades presentadas anteriormente, estos son: 720 cm de Alambre de cobre, 360 cm de Papel aluminio y 8 kits de Escala McFarland.

Resultados de la peligrosidad de las guías de laboratorio

En la Ilustración 7 se presenta el ranking de las guías de laboratorio basado en la metodología de evaluación del grado de peligro total de los reactivos y en la priorización de los mismos según las categorías de peligro 1A y 1B de carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción, representando de ese modo, el orden de prioridad de las guías de laboratorio de izquierda a derecha.

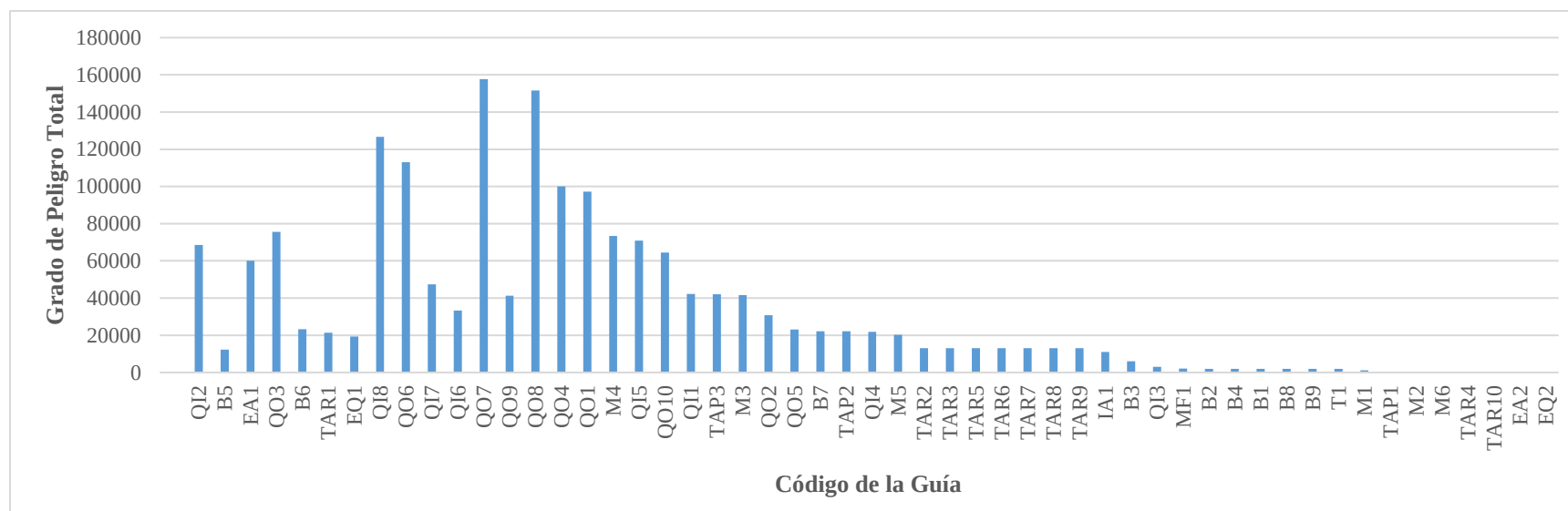


Ilustración 7: Ranking de las guías de laboratorio. Por Herrera D., 2020.

Es posible observar que en este estudio prevalece la clasificación de los peligros de mutagenicidad en células germinales, carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción, sobre la peligrosidad total de las guías de laboratorio, por tal motivo no se ve en orden descendente el grado de peligro total de las guías de laboratorio, pues la disposición del Ranking corresponde a la priorización realizada en la Tabla 4. Cabe resaltar que esto no quiere decir que no sea importante la peligrosidad que representa cada guía, sino que es necesario prestar especial atención a aquellas que contienen reactivos con dichas categorías de peligro, ya que representan riesgo tóxico para la salud de quien los manipule, sin importar la concentración que usen, además se pueden propagar al ambiente por medio de la generación y desecho de los residuos peligrosos. No obstante, se evidencia que las 12 guías con más alto grado de peligro total se encuentran dentro de las primeras 20 guías del ranking, lo que hace fácil la tarea a la hora de definir las guías a trabajar en futuras investigaciones.

A continuación, se presenta el Ranking de Peligrosidad (Tabla 5), en donde se consigna el peligro total de las guías de laboratorio, sumado a los tres primeros reactivos considerados más peligrosos de cada guía junto con las categorías y clases de peligros que poseen; en la columna “Otros” están las categorías y clases de peligros de los demás reactivos que se usan para el desarrollo de las prácticas de laboratorio y no los poseen los Reactivos 1, 2 y 3.

Tabla 5: Ranking de Peligrosidad (Continuación de la Tabla 5 en la páginas 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64 y 65)

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
1	68.552	QI2	Nitrato de plomo (Sol. Comb. 2), (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 1), (Carc. 1B), (Repr. 1A), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1)	Peróxido de hidrogeno (Liq. Comb. 2), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1), (Tox. Esp. Uni. 3), (Agua. Agu. 2)	Ácido Nítrico (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Áspir. 1), (Tox. Esp. Rep. 1), (Sol. Inf. 2), (Sus. Agua. Infl. 2), (Liq. Inf. 2)
2	12.310	B5	Acetocarmín (Tox. agu. 4), (Carc. 2), (Repr. 1A), (Tox. Esp. Rep. 2), (Agua. Cro. 2)	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	NA	NA
3	60.021	EA1	Dicromato de potasio (Sol. Comb. 2), (Tox. agu. 2), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1), (Muta. 1B), (Carc. 1B), (Repr. 1B), (Tox. Esp. Uni. 3), (Tox. Esp. Rep. 1), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1)	Ácido sulfúrico (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Sulfato de plata (Les. Ojo 1), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1)	NA

Tabla 5. Continuación

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
4	75.531	QO3	Fenol (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1), (Muta. 1B), (Repr. 1B), (Tox. Esp. Rep. 2), (Agua. Cro. 2)	Pirocatecol (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1), (Muta. 2), (Carc. 2), (Repr. 2), (Tox. Esp. Uni. 1), (Tox. Esp. Rep. 1)	Agua de bromo (Tox. agu. 2), (Corr. Cut. 1A), (Agua. Agu. 1)	(Liq. Inf. 2), (Áspir. 1), (Sol. Inf. 2)
5	23.210	B6	Fenolftaleína (Muta. 2), (Carc. 1B), (Repr. 2)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	NA
6	21.320	TAR1	Fenolftaleína (Muta. 2), (Carc. 1B), (Repr. 2)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Naranja de metilo (Tox. agu. 3)	(Sus. Corr. Met. 1)
7	19.340	EQ1	Fenolftaleína (Muta. 2), (Carc. 1B), (Repr. 2)	Borato de sodio (Repr. 1B)	Sulfato de zinc (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 1), (Tox. Esp. Rep. 2), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1)	Sulfato de cobre (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 2A), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1), (Sus. Corr. Met. 1)
8	126.733	QI8	Fenolftaleína (Muta. 2), (Carc. 1B), (Repr. 2)	Peróxido de hidrogeno (Liq. Comb. 2), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1), (Tox. Esp. Uni. 3), (Agua. Agu. 2)	Ácido Nítrico (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	NA

Tabla 5. Continuación

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
9	113.011	QO6	Fenolftaleína (Muta. 2), (Carc. 1B), (Repr. 2)	Fenol (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1), (Muta. 1B), (Repr. 1B), (Tox. Esp. Rep. 2), (Agua. Cro. 2)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Liq. Inf. 1), (Tox. Esp. Uni. 3), (Áspir. 2), (Agua. Agu. 1)
10	47.341	QI7	Fenolftaleína (Muta. 2), (Carc. 1B), (Repr. 2)	Ácido Nítrico (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Sol. Comb. 2), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1)
11	33.320	QI6	Fenolftaleína (Muta. 2), (Carc. 1B), (Repr. 2)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Sodio (Sus. Agua. Infl. 1), (Corr. Cut. 1B)	(Tox. agu. 3)
12	157.622	QO7	Formaldehído (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1), (Muta. 2), (Carc. 1B), (Tox. Esp. Uni. 1), (Tox. Esp. Rep. 1), (Agua. Agu. 2)	Amoníaco (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1), (Tox. Esp. Uni. 3)	Hidróxido de potasio (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Sol. Comb. 2), (Agua. Cro. 1), (Liq. Inf. 2)
13	41.330	QO9	Borato de sodio (Repr. 1B)	Ácido acético (Liq. Inf. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Tox. agu. 4), (Tox. Esp. Uni. 2)

Tabla 5. Continuación

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
14	151.510	QO8	Cloruro de acetilo (Liq. Inf. 2), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1)	Ácido acético glacial (Liq. Inf. 3), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1)	Ácido fórmico (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Sus. Corr. Met. 1), (Tox. Esp. Rep. 1)
15	100.110	QO4	Ácido acético (Liq. Inf. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Ácido sulfúrico (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Repr. 2), (Tox. Esp. Uni. 3), (Tox. Esp. Rep. 2), (Áspir. 1), (Agua. Agu. 2), (Agua. Cro. 2), (Tox. agu. 4)
16	97.240	QO1	Ácido acético (Liq. Inf. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Ácido fórmico (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Ácido sulfúrico (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Tox. Esp. Rep. 1), (Tox. Esp. Uni. 3), (Sus. Agua. Infl. 1), (Áspir. 1)
17	73.401	M4	Peróxido de hidrogeno (Liq. Comb. 2), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1), (Tox. Esp. Uni. 3), (Agua. Agu. 2)	Hidróxido de potasio (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Reactivo de Kovacs (Liq. Inf. 3), (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1), (Tox. Esp. Uni. 3), (Agua. Cro. 3)	NA

Tabla 5. Continuación

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
18	70.890	QI5	Ácido Nítrico (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Cemento (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1B), (Tox. Esp. Uni. 3)	(Liq. Inf. 2), (Repr. 2), (Tox. Esp. Rep. 2), (Áspir. 1), (Agua. Agu. 2), (Agua. Cro. 2)
19	64.530	QO10	Ácido Nítrico (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Ácido acético (Liq. Inf. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Hidróxido de sodio (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	(Carc. 2), (Repr. 2), (Tox. Esp. Rep. 2), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1)
20	42.221	QI1	Peróxido de hidrogeno (Liq. Comb. 2), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1), (Tox. Esp. Uni. 3), (Agua. Agu. 2)	Ácido acético (Liq. Inf. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	NA
21	42.120	TAP3	Ácido sulfúrico (Sus. Corr. Met. 1), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Sulfato de aluminio (Les. Ojo 1), (Agua. Agu. 2), (Agua. Cro. 2)	Cal (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Tox. Esp. Uni. 3)	NA
22	41.550	M3	Azul de lactofenol (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1), (Muta. 2), (Tox. Esp. Rep. 2)	Cristal violeta (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 1), (Carc. 2), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1)	Lugol yodado (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 2A), (Tox. Esp. Uni. 3), (Tox. Esp. Rep. 1), (Agua. Agu. 1)	NA

Tabla 5. Continuación

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
23	30.740	QO2	Ácido acético (Liq. Inf. 3), (Corr. Cut. 1A), (Les. Ojo 1)	Hexano (Liq. Inf. 2), (Corr. Cut. 2), (Repr. 2), (Tox. Esp. Uni. 3), (Tox. Esp. Rep. 2), (Áspir. 1), (Agua. Agu. 2), (Agua. Cro. 2)	Alcohol isopropílico (Liq. Inf. 2), (Corr. Cut. 3), (Les. Ojo 2A), (Tox. Esp. Uni. 3)	NA
24	23.131	QO5	Anhídrido maleico (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1)	Permanganato de potasio (Sol. Comb. 2), (Tox. agu. 4), (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 1)	Naranja de metilo (Tox. agu. 3)	(Sus. Corr. Met. 1)
25	22.210	B7	Azul de lactofenol (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1), (Muta. 2), (Tox. Esp. Rep. 2)	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	NA	NA
26	22.110	TAP2	Sulfato de aluminio (Les. Ojo 1), (Agua. Agu. 2), (Agua. Cro. 2)	Cal (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Tox. Esp. Uni. 3)	NA	NA
27	21.770	QI4	Éter etílico (Liq. Inf. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 3), (Les. Ojo 2B), (Repr. 2), (Tox. Esp. Uni. 3), (Áspir. 2)	Hexano (Liq. Inf. 2), (Corr. Cut. 2), (Repr. 2), (Tox. Esp. Uni. 3), (Tox. Esp. Rep. 2), (Áspir. 1), (Agua. Agu. 2), (Agua. Cro. 2)	Acetona (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A), (Tox. Esp. Uni. 3)	NA

Tabla 5. Continuación

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
28	20.230	M5	Azul de lactofenol (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 1B), (Les. Ojo 1), (Muta. 2), (Tox. Esp. Rep. 2)	Azul de metileno (Tox. agu. 4), (Agua. Cro. 3)	NA	NA
29	13.030	TAR2	Cloruro de hierro (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1)	Cloruro de calcio (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 2A)	NA	NA
30	13.030	TAR3	Cloruro de hierro (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1)	Cloruro de calcio (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 2A)	NA	NA
31	13.030	TAR5	Cloruro de hierro (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1)	Cloruro de calcio (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 2A)	NA	NA
32	13.030	TAR6	Cloruro de hierro (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1)	Cloruro de calcio (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 2A)	NA	NA
33	13.030	TAR7	Cloruro de hierro (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1)	Cloruro de calcio (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 2A)	NA	NA
34	13.030	TAR8	Cloruro de hierro (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1)	Cloruro de calcio (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 2A)	NA	NA

Tabla 5. Continuación

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
35	13.030	TAR9	Cloruro de hierro (Sus. Corr. Met. 1), (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 1), (Sens. Resp. 1)	Cloruro de calcio (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 2A)	NA	NA
36	11.100	IA1	Sulfato de aluminio (Les. Ojo 1), (Agua. Agu. 2), (Agua. Cro. 2)	NA	NA	NA
37	6.040	B3	Lugol yodado (Tox. agu. 4), (Corr. Cut. 2), (Les. Ojo 2A), (Tox. Esp. Uni. 3), (Tox. Esp. Rep. 1), (Agua. Agu. 1)	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	Azul de metileno (Tox. agu. 4), (Agua. Cro. 3)	NA
38	3.020	QI3	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	Cloruro de calcio (Tox. agu. 4), (Les. Ojo 2A)	Solución de oxalato de amonio (Tox. agu. 4)	NA
39	2.110	MF1	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	Glicerina (Tox. agu. 4)	NA	NA
40	2.020	B2	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	Azul de metileno (Tox. agu. 4), (Agua. Cro. 3)	NA	NA
41	2.020	B4	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	Azul de metileno (Tox. agu. 4), (Agua. Cro. 3)	NA	NA
42	2.000	B1	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	NA	NA	NA
43	2.000	B8	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	NA	NA	NA
44	2.000	B9	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	NA	NA	NA

Tabla 5. Continuación

Ranking	Peligro total	Código de la guía	Reactivo 1	Reactivo 2	Reactivo 3	Otros
			Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro	Categoría y clase de peligro
45	2.000	T1	Alcohol etílico (Liq. Inf. 2), (Les. Ojo 2A)	NA	NA	NA
46	1.100	M1	Aceite de inmersión (Agua. Agu. 1), (Agua. Cro. 2)	NA	NA	NA
47	-	TAP1	NA	NA	NA	NA
48	-	M2	NA	NA	NA	NA
49	-	M6	NA	NA	NA	NA
50	-	TAR4	NA	NA	NA	NA
51	-	TAR10	NA	NA	NA	NA
52	-	EA2	NA	NA	NA	NA
53	-	EQ2	NA	NA	NA	NA

Nota: Ranking de peligrosidad final. Por Herrera D., 2020.

Basados en la Tabla 5 y la Ilustración 7, se determina que la guía de laboratorio que posee mayor peligrosidad es la QI2 (Guía N° 2 de Química Inorgánica, denominada: Propiedades físicas y químicas de la materia) con un valor de grado de peligro total de 68.552, y el reactivo más peligroso es el Nitrato de Plomo, con un valor de peligro total de 23.011 proveniente de sus peligros entre los cuales se encuentran las categorías de carcinogenicidad (1B) y toxicidad para la reproducción (1A). Por tanto, con estos resultados se ve reflejada la necesidad de revisar dicha guía de laboratorio y modificarla bajo los principios de la Química Verde con el fin de reducir su grado de peligrosidad total; de ser posible sustituir el Nitrato de Plomo por otro reactivo que no posea característica de carcinogénico, ni tóxico para la reproducción o en su defecto aplicar la metodología del trabajo en microescala, disminuyendo los impactos a la salud humana y el ambiente.

Impacto social, humanístico del proyecto

Aunque la población a la cual se destinó la encuesta se eligió entre los estudiantes que cursaban de quinto semestre en adelante, son todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Ambiental los que se benefician de este trabajo de grado, igualmente los docentes que tienen a cargo asignaturas en las que se realizan prácticas de laboratorio y los administrativos que tienen injerencia sobre los laboratorios y todo lo que tiene que ver con los mismos, pues al cumplir satisfactoriamente el objetivo del proyecto, se garantizan las bases adecuadas para llevar a cabo las demás fases del macro-proyecto que finalmente busca mejorar la gestión de los reactivos y residuos que se generan en los procedimientos experimentales realizados en la facultad.

Esto conlleva a la realización de capacitaciones dirigidas al personal docente y administrativo, a la revisión y adecuación de las guías de laboratorio y por ende a la minimización de uso de reactivos, además de la reducción en la generación de residuos peligrosos, disminuyendo no solo los impactos al medio ambiente y la salud humana, sino también los costos en la compra de reactivos. Como resultado de dichas acciones, se fortalecerá la relación Universidad – Sociedad, al formar profesionales conscientes de sus acciones, ya que posiblemente más adelante aplicarán estos conocimientos y métodos en su vida laboral, por lo tanto, esta Institución de Educación Superior ofrecerá profesores y estudiantes mejor preparados.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar las encuestas a estudiantes, profesores y administrativos de la facultad, es posible verificar que existen oportunidades de mejora en relación con la gestión, tanto de los reactivos usados, como de los residuos peligrosos que se generan, implementando estrategias pedagógicas encaminadas a la sostenibilidad de las prácticas de laboratorio y a la formación y concientización de los estudiantes sobre los peligros que causan los reactivos usados en los procedimientos experimentales y la gestión de los residuos peligrosos generados.

Mediante la metodología diseñada y desarrollada se logró obtener el conocimiento real del tipo y cantidad de reactivos que son usados por la Facultad de Ingeniería Ambiental de la sede Villavicencio tal como se observa en las ilustraciones 5 y 6 en donde se encuentran discriminadas las cantidades de reactivos usados en las unidades de medida de mililitros y gramos, siendo el alcohol etílico el más usado en mililitros con un total de 32.342 ml y el Cloruro de sodio el que más se utiliza en gramos con un valor de 2021,6 g.

Además, basados en los resultados del ranking realizado, se determinó que la guía de laboratorio con mayor grado de peligro total es la Guía N° 2 de Química Inorgánica (QI2), denominada: Propiedades físicas y químicas de la materia, aquella que contiene el reactivo con mayor peligrosidad, el cual es el Nitrato de Plomo ya que es un sólido comburente, que puede producir toxicidad aguda, lesiones oculares, carcinogenicidad, toxicidad para la reproducción y toxicidad acuática aguda y crónica.

Aunque el Ranking de peligrosidad no este ordenado de forma descendente según el grado de peligro total de las guías de laboratorio, sino que está basado en la organización que se dio en la (Tabla 4), esto no significa que la peligrosidad que representa cada una de las guías de laboratorio no sea importante, sino que se debe tener un manejo especial con aquellas que poseen reactivos que sean mutagénicos, carcinogénicos y tóxicos para la reproducción, ya que actualmente en la facultad existen 21 guías de laboratorio que indican el uso de dichos reactivos que pueden generar estos efectos adversos en la salud.

Respecto al diagnóstico sobre el manejo de reactivos químicos y residuos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio, la información proporcionada por la Coordinación de Laboratorios, no fue suficiente para conocer la gestión actual de los reactivos, sin embargo, la Coordinación de Gestión ambiental suministró la información sobre la gestión de los residuos peligrosos, evidenciando que el protocolo para el almacenamiento, tratamiento y disposición final es correcto frente a la normatividad que rige dichos residuos. Sin embargo, al contrastarlo con las respuestas obtenidas en las preguntas 7 y 8 de la encuesta efectuada, no siempre se lleva a cabo de esta manera.

Se cumplió con la primera fase y primer objetivo del macro-proyecto denominado “*Estudio para la Gestión de Residuos Generados en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio*”.

Este documento contiene bases teóricas y científicas para continuar con nuevas investigaciones que puedan derivarse de este proyecto, y de esta manera, fortalecer la investigación, la gestión y uso de reactivos en la Universidad.

Recomendaciones

Conforme a los resultados obtenidos producto de este trabajo se ve la necesidad de realizar las siguientes recomendaciones:

Capacitar a los profesores y administrativos en manejo de reactivos y residuos químicos, además de temas como Química Verde y trabajo en microescala, para que puedan aplicarlo en los espacios académicos que tienen a cargo y enseñarlo a sus estudiantes.

Diseñar y efectuar estrategias pedagógicas para implementar en las prácticas de laboratorio los 12 principios de la Química Verde, el trabajo en microescala y el Sistema Globalmente Armonizado, además de modificar las guías de laboratorio para que incluyan los anteriores conceptos, los impactos negativos que generan los reactivos usados en las prácticas y la manera de gestionar los residuos producidos, aportando al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, de esta manera la facultad logrará formar estudiantes conscientes de sus acciones, seguir el protocolo que indica la normatividad legal vigente respecto al almacenamiento, tratamiento y disposición de RESPEL, minimizar la peligrosidad total de las guías, reducir los impactos y los costos para la adquisición de reactivos.

Es importante socializar con los administrativos, docentes y estudiantes, las modificaciones que se hagan a cada una de las guías de laboratorio y explicar las razones de dichos cambios, además de establecer en cada guía los mecanismos de neutralización y disposición de los residuos generados de las prácticas de laboratorio.

Generar un plan de gestión integral de residuos peligrosos, en donde se incluyan los residuos peligrosos resultantes de las prácticas de laboratorio, ya que actualmente la facultad no cuenta con uno.

Referencias bibliográficas

- A. Motta, D. Polania, J. Rodolfo, . (2014). *Diagnostico ambiental de la generación y manejo de los residuos peligrosos (RESPEL) generados por los centros de servicios especializados en el mantenimiento motociclistico de Ibagué- Tolima*. Trabajo de grado. Universidad del Tolima. Retrieved from <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1188/1/RIUT-GBA-spa-2014-Diagnóstico ambiental de la generación y manejo de los residuos peligrosos generados por los centros de servicios especializados en el mantenimiento motociclistico de Ibagué%2C Tolima.pdf>
- Afanador, D. C. C. (2017). *Implementación de un Sistema de Identificación y Comunicación de los riesgos y controles asociados a las Sustancias Químicas*. Trabajo de grado. Universidad Distrital. Retrieved from <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5826>
- Aguilar, G. R., & Manuel, J. (2001). *Residuos peligrosos : grave riesgo ambiental*. 20, p. 151–158. Retrieved from <http://www.ingenieroambiental.com/4014/grave.pdf>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2011). *Manejo de los residuos peligrosos generados en las viviendas*. Retrieved from http://ambientebogota.gov.co/documents/sda/residuos/RESPELcartilla_noviembre2011.pdf
- Alemán, J. D., & Mata, M. A. (2006). *Guía de elaboración de un manual de prácticas de laboratorio, taller o campo: Asignaturas teórico prácticas*. Retrieved from <http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/GUIAMANUALPRACTICAS.pdf>
- Andrea, P., & Claro, M. (2016). *Desarrollo de un recurso digital para la gestión interna de los residuos peligrosos generados en prácticas seleccionadas del laboratorio del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de La Salle, Bogotá*. Trabajo de grado. Universidad de la Salle. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1663&context=ing_ambiental_sanitaria
- Aponte, J. A. (2009). *Plan de manejo de residuos peligrosos campaña orden y aseo*. Trabajo de grado. Universidad de la Salle. Retrieved from http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/608/1/trabajo_de_grado_julian.pdf

- Bertini, L. M., & Cicerone, D. S. (2016). *Gestión de Residuos Generados en Laboratorios de Enseñanza de Química en Entidades Universitarias con Participación Activa del Alumnado*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/234027099_Gestion_de_residuos_generados_en_laboratorios_de_ensenanza_de_quimica_en_entidades_universitarias_con_participacion_activa_del_alumnado
- Boletín Salud y Medio Ambiente. (2007). Sustancias químicas peligrosas: efectos agudos y crónicos en la salud humana. *Ecología y Desarrollo*. Retrieved from http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/educacio_i_sostenibilitat/educacio_per_a_la_sostenibilitat/suport_educatiu/ambits_tematics/residus/recursos-educatius-residus/substancies/substancies_quimiques_perillosos.pdf
- Bueno, M. G. (2015). *Riesgos Químicos*. Retrieved from https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2015-06-01-MODULO_RIESGOS_QUIMICOS.pdf
- Carranza Vega, D. E., & Huayanay Viera, J. A. (2009). Determinación de metabolitos secundarios del tallo de croton alnifolius l. (tunga). *Universidad Nacional de Trujillo*. Retrieved from <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4852>
- Cifuentes, C. C., Cardona, F. E. H., & Bolívar, S. G. (2018). *Diseño de un protocolo para manejo de sustancias químicas, alineado al sistema globalmente armonizado*. Trabajo de grado. Universidad de Manizales. Retrieved from http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/3480/Hincapie_Fanny_Estrella_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Couto, N., Silva, V., Monteiro, E., & Rouboa, A. (2013). Hazardous Waste Management in Portugal: An Overview. *Energy Procedia*, 36, 607–611. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.069>
- Cristina, A., & Benavides, B. (2012). *Hacia una gestión de reactivos y residuos químicos en los laboratorios de docencia de la escuela de química en la Universidad Nacional*. 65–73. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/4759/475947764007.pdf>
- Domínguez, M. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Producción+limpia*, 10(1), 2. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001
- Gonçalves, F. P., Yunes, S. F., Guaita, R. I., Marques, C. A., Pires, T. C. M., Pinto, J. R. M., &

- Machado, A. A. S. C. (2017). La dimensión ambiental de la experimentación en la enseñanza de la química: consideraciones sobre el uso de la métrica holística «estrella verde». *Educación Química*, 28(2), 99–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.11.005>
- Jaramillo Echeverry, L. M. (2015). *Propuesta ambiental para la evaluación y manejo integral de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de docencia de la Universidad de Gran Colombia Seccional Armenia*. Retrieved from <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2395>
- Lee, S., Oh, S., & Kim, T. (2013). Overview of GHS (Globally Harmonized System) in Korea and the direction of further development. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26(5), 904–907. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.12.001>
- Lithner, D., Larsson, A., & Dave, G. (2011). Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the Total Environment*, 409(18), 3309–3324. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.038>
- Mainero, R. M. (1997). *¿Por qué microescala?* 166–167. Retrieved from <http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66614>
- Méndez Salas, C. A. (2014). *Evaluación de la implementación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) en una empresa del sector químico en Colombia*. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/12866/1/02300585_2014.pdf
- Ministerio de Ambiente, vivienda, y desarrollo sostenible. (2005). *Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos*. Retrieved from https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Políticas_de_la_Dirección/Política_Ambiental_para_la_Gestión_Integral_de_Residuos_o_Desechos_Peligrosos.pdf
- Ministerio de Ambiente, & Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Guías para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas*. 441. Retrieved from https://www1.upme.gov.co/siame/Guiasambientales/Gestion_ambiental_de_25_sustancias_quimicas.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2005). *Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos*. 167. Retrieved from

- <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=190:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-6#información-de-interés>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Estrategia Nacional para la implementación del Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos – SGA - en Colombia (2016-2020)*. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_químicas_y_residuos_peligrosos/A4_-_Estrategia_nacional_SGA_2017_ultima_vs.pdf
- Ministerio de educación & ASCUN. (n.d.). *Recomendaciones para la implementación de la agenda 2030 y el aporte a los objetivos de desarrollo sostenible en las instituciones de educación superior*. Retrieved from <https://www.ascun.org.co/proyectos/detalle/recomendaciones-para-implementacion-agenda-2030>
- Mora, J; Piedra, G; Benavides, D; Ruepert, C. (2012). *Clasificación de reactivos químicos en los laboratorios de la Universidad Nacional*. 25, 50–57. Retrieved from https://www.academia.edu/29481290/Clasificación_de_reactivos_químicos_en_los_laboratorios_de_la_Universidad_Nacional
- Moreno, V. (2013). *Materiales reactivos y bioseguridad*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/vicentamoreno52/materiales-reactivos-y-bioseguridad>
- Muralikrishna, I. V, & Manickam, V. (2017). Chapter Seventeen - Hazardous Waste Management. In I. V Muralikrishna & V. Manickam (Eds.), *Environmental Management* (pp. 463–494). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811989-1.00017-8>
- Naciones Unidas. (2015). *Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA)* (Sexta).
- Oltra Algado, C. (2007). *Sociedad y medio ambiente. Ciudadanos y científicos ante la reforma medioambiental de la sociedad*. Retrieved from <http://www.tdx.cat/handle/10803/2869>
- Peterson, P. J., bin Mokhtar, M., Chang, C., & Krueger, J. (2010). Indicators as a tool for the evaluation of effective national implementation of the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). *Journal of Environmental Management*, 91[1] P. J(5), 1202–1208. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.01.008>
- Pico, L. M. S. (2019). *Cinco universidades colombianas están en el top 100 de las más sostenibles del mundo*. Retrieved from <https://www.lafm.com.co/medio-ambiente/cinco-universidades->

colombianas-estan-en-el-top-100-de-las-mas-sostenibles-del-mundo

Real Academia de la Lengua Española. (2020). Diccionario de la lengua española.

Salle, U. de la. (2016). *Plan de gestión integral de residuos peligrosos de la Universidad de la Salle*. Retrieved from <https://www.lasalle.edu.co/wcm/connect/9b5a668c-410c-48d1-bdcf-93f28157a6df/PGIRESPEL-NORTE+v2.pdf?MOD=AJPERES&CVID=l.aXth0&CVID=l.aXth0&CVID=l.aXth0&CVID=l.aXth0&CVID=l.aXth0&CVID=l.aXth0>

Secretaría de la Convención de Basilea. (2000). *Convención de basilea sobre el control del movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su eliminación* (Vol. 009).

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos. (2019). Clasificación de peligros según el Sistema Globalmente Armonizado. Retrieved from <http://ghs-sga.com/clasificacion-de-peligros-segun-sga/>

Solis Torres, L. D., & Vega Botto, A. (2018). Sustitución de una práctica de Laboratorio con enfoque a Química Verde como herramienta para la reducción de residuos peligrosos. *Educación Química*, 29(1), 110. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63809>

Sura - Cistema, A. R. P. (2012). *Sistema globalmente armonizado clasificación y etiquetado de productos químicos*. 1–8. Retrieved from <https://www.arlsura.com/files/sistemaglobalmentearmonizado.pdf>

Torres Espinoza, E., & Castrellón Santa Anna, J. P. (2018). Minimización del impacto ecológico empleando microescala en los laboratorios de enseñanza Química. *Educación Química*, 11(2), 262. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.2.66463>

Ull, M. Á. (2011). Sostenibilidad y Educación Superior: La formación para la sostenibilidad en los nuevos títulos de Grado. *Carpetas Informativas Del CENEAM*, 1–17. Retrieved from http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2011_01ull_tcm7-141814.pdf

Universidad de la Rioja. (2019). *Prevención de riesgos en las prácticas de laboratorio*. Retrieved from https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/rec_alumnos_quimica.pdf

Universidad de los Andes. (2016). *Identificación de peligros , evaluación y valoración de riesgos – Salud Ocupacional*.

van der Kolk, J. (2014). Globally Harmonized System for Classification and Labeling of the GHS. In P. Wexler (Ed.), *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)* (Third Edit, pp. 741–745). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00453-X>

Anexos

Anexo A. Espacios académicos con prácticas experimentales y sus guías de laboratorio

Nombre Espacio Académico	Nombre de la Guía de Laboratorio
Introducción a la Ingeniería	Guía N° 1: Test de jarras
Biología	Guía N° 1: Microscopía
	Guía N° 2: Características de los seres vivos
	Guía N° 3: Células Vegetales
	Guía N° 4: Células animales
	Guía N° 5: Mitosis y meiosis
	Guía N° 6: Fotosíntesis y respiración celular
	Guía N° 7: Protozoos, hongos y levaduras
	Guía N° 8: Tejidos Humanos
	Guía N° 9: Genética
Mecánica de fluidos	Guía N° 1: Propiedades de los fluidos
Termodinámica	Guía N° 2: Motor Stirling como máquina térmica
Tratamiento de Agua Potable	Guía N° 1: Determinación de Características Físicas del Agua
	Guía N° 4: Test de jarras
	Guía N° 5: Test de jarras + alcalinidad
Química Orgánica	Guía N° 1 : Diferencias entre compuestos orgánicos e inorgánicos
	Guía N° 2 : Reconocimiento de propiedades de los compuestos orgánicos: determinación del punto de ebullición de una sustancia pura, densidad y pH.
	Guía N° 3: Reconocimiento de propiedades de los compuestos orgánicos: determinación del punto de fusión de una sustancia pura. obtención de hidrocarburos
	Guía N° 4 : Identificación de grupos funcionales por solubilidad
	Guía N° 5 : Obtención de isómeros

Nombre Espacio Académico	Nombre de la Guía de Laboratorio
	Guía N° 6 : Reconocimiento de alcoholes
	Guía N° 7: Reacciones de aldehídos, cetonas y lípidos
	Guía N° 8: Identificación de ácidos carboxílicos y reacciones de esterificación
	Guía N° 9: Polimerización
	Guía N° 10: Propiedades químicas de biomoléculas
Química Inorgánica	Guía N° 2 : Determinación Propiedades Físicas Masa, Peso y Volumen
	Guía N° 3: Propiedades físicas y químicas de la materia
	Guía N° 4: Métodos de separación de mezcla s1: filtración, centrifugación, extracción, decantación y evaporación
	Guía N° 5: Métodos de separación de mezcla s2: cromatografía y destilación
	Guía N° 6: Enlaces Químicos
	Guía N° 7: Funciones Inorgánicas
	Guía N° 8: Preparación de soluciones
	Guía N° 9: Reacciones químicas y estequiometría
Microbiología	Guía N° 1: Bioseguridad y Microscopía
	Guía N° 2: Esterilización materiales y Siembra
	Guía N° 3: Descripción macroscópica y microscópica
	Guía N° 4: Bioquímica
	Guía N° 5: Curva de crecimiento
	Guía N° 6: Muestreo e identificación de coliformes en agua
Tratamiento de Agua Residual	Guía N° 1: Neutralización de las aguas residuales
	Guía N° 2: Análisis de DBO y Sólidos suspendidos en las aguas residuales
	Guía N° 3: Capacidad de autodepuración de una fuente hídrica
	Guía N° 4: Tanque de igualamiento

Nombre Espacio Académico	Nombre de la Guía de Laboratorio
	Guía N° 5: Efecto del reúso sobre la concentración de carga orgánica del agua residual
	Guía N° 6: Biorreactor tipo Batch
	Guía N° 7: Biorreactor Anaerobio por lotes
	Guía N° 8: Monitoreo de las aguas residuales del municipio de Restrepo
	Guía N° 9: monitoreo de las aguas residuales de la PTAR Salitre y OPAIN en Bogotá
	Guía N° 9: monitoreo de las aguas residuales de la PTAR Salitre y OPAIN en Bogotá
Energías Alternativas	Guía N° 1: Caracterización de Sustratos Orgánicos
	Guía N° 2: Radiación Solar
Electroquímica	Guía N° 1: Reacciones espontáneas, celdas galvánicas e hidrólisis
	Guía N° 2: Medición de metales pesados (As, Pb, Hg y Cd) en agua subterránea con analizador de metales HM1000

Anexo B. Formulario docentes

Formulario para proyecto de investigación

Nombre del docente: _____

Fecha: _____

Nombre del espacio académico que orienta con prácticas de laboratorio	Grupo del espacio académico	Número de estudiantes del grupo	Cantidad de subgrupos (estudiantes agrupados para realizar la actividad)

*Anexo C. Encuesta de percepción***ENCUESTA DE PERCEPCIÓN**

El objetivo de esta encuesta es determinar el nivel de conocimiento de administrativos, docentes y estudiantes de la Facultad de Ingeniería Ambiental sobre la gestión de reactivos químicos y tratamiento/disposición final de los residuos químicos generados en las prácticas de laboratorios de la Universidad Santo Tomás – Sede Villavicencio.

Dirección de correo electrónico

1. ¿Es usted?

- ☐ Estudiante
- ☐ Profesor
- ☐ Administrativo

2. ¿Tiene algún conocimiento sobre el concepto de Química Verde?

- ☐ Sí
- ☐ No

3. ¿Sabe si ha sido aplicada la Química Verde en alguno de los espacios académicos?

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ No sabe

4. ¿Tiene algún conocimiento sobre el concepto de trabajo en Microescala en el ámbito de la química?

- ☐ Sí
- ☐ No

5. ¿Tiene algún conocimiento acerca de lo que es el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos?

- ☐ Sí
- ☐ No

6. Responder sólo si usted es estudiante: Antes de realizar prácticas de laboratorio ¿Fue informado sobre la peligrosidad de las sustancias que se iban a utilizar?

- ☐ Siempre
- ☐ Casi siempre

- ☐ Pocas veces
- ☐ Nunca

7. ¿Ha tenido que neutralizar residuos químicos resultantes de las prácticas de laboratorio?

- ☐ Siempre
- ☐ Casi siempre
- ☐ Pocas veces
- ☐ Nunca

8. Responder sólo si usted es estudiante: ¿Ha vertido residuos químicos resultantes de las prácticas de laboratorio al sifón por desconocer donde depositarlos?

- ☐ Siempre
- ☐ Casi siempre
- ☐ Pocas veces
- ☐ Nunca

8. ¿Cree que el desarrollo de las guías de laboratorios considera el riesgo ambiental de las sustancias usadas y producidas?

- ☐ Sí
- ☐ No

9. ¿Ha recibido información en la facultad sobre el manejo que se debe dar a los tipos de residuos resultantes de las prácticas de laboratorios?

- ☐ Sí
- ☐ No

10. ¿Considera importante que las guías de laboratorios sean elaboradas teniendo en cuenta la peligrosidad y el concepto de desarrollo sostenible?

- ☐ Sí
- ☐ No

11. Sus opiniones son importantes para nuestro trabajo. A continuación, puede escribir sus comentarios

Anexo D. Cuantificación de la generación de RESPEL

CUANTIFICACION DE LA GENERACION DE RESPEL		
AÑO 2017	Total RESPEL (Kg/mes)	Media movil de los ultimos seis meses (Kg/mes)
Enero	12,02	-
Febrero	0	-
Marzo	0	-
Abril	23,7	-
Mayo	15,5	-
Junio	0	8,54
Julio	33,27	12,08
Agosto	4,53	12,83
Septiembre	17,4	15,73
Octubre	23,5	15,70
Noviembre	20,6	16,55
Diciembre	3,3	17,10
Total Respel generados	153,82	
Promedio de generacion de Respel	15,00	
CLASIFICACION	Pequeño generador (>10kg/mes Respel generados <100kg/mes)	

CUANTIFICACION DE LA GENERACION DE RESPEL		
AÑO 2018	Total RESPEL (Kg/mes)	Media movil de los ultimos seis meses (Kg/mes)
Enero	12,02	-
Febrero	0	-
Marzo	0	-
Abril	23,7	-
Mayo	15,5	-
Junio	0	8,54
Julio	33,27	12,08
Agosto	4,53	12,83
Septiembre	17,4	15,73
Octubre	23,5	15,70
Noviembre	20,6	16,55
Diciembre	3,3	17,10
Total Respel generados	153,82	
Promedio de generacion de Respel	15,00	
CLASIFICACION	Pequeño generador (>10kg/mes Respel generados <100kg/mes)	

Anexo E. Consolidación de peligros del SGA

Peligros Físicos							
Clase de peligro	Categoría de peligro						
Explosivos	Explosivos inestables	Div 1.1	Div 1.2	Div 1.3	Div 1.4	Div 1.5	Div 1.6
Gases inflamables (incluyendo gases pirofóricos y químicamente inestables)	1A	1B	2				
Aerosoles	1	2	3				
Gases Comburentes	1						
Gases bajo presión							
Gases comprimidos							
Gases licuados	1						
Gases licuados Refrigerados							
Gases disueltos							
Líquidos inflamables	1	2	3	4			
Sólidos inflamables	1	2					
Sustancias y metales que reaccionan espontáneamente (Auto-Reactivas)	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F	Tipo G
Líquidos Pirofóricos	1						
Sólidos pirofóricos	1						
Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontaneo	1	2					
Sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables	1	2	3				
Líquidos comburentes	1	2	3				
Sólidos comburentes	1	2	3				
Peróxidos orgánicos	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F	Tipo G
Sustancias y mezclas corrosivas para metales	1						
Explosivos insensibilizados	1	2	3	4			

Peligros a la salud humana					
Clase de peligro	Categoría de peligro				
Toxicidad aguda					
Toxicidad aguda: Oral	1	2	3	4	5
Toxicidad aguda: Cutánea					
Toxicidad aguda: inhalación					
Corrosión/ Irritación cutáneas	1	1A	1B	1C	2 3
Lesione oculares graves/ irritación ocular	1	2A	2B		
Sensibilización respiratoria o cutánea	1	1A	1B		
Mutagenicidad en células germinales	1A	1B	2		
Carcinogenicidad	1A	1B	2		
Toxicidad para la reproducción	1A	1B	2	Lactancia	
Toxicidad específica de órganos diana - exposición única	1	2	3		
Toxicidad específica de órganos diana - exposiciones repetidas	1	2			
Peligro por aspiración	1	2			

Peligro al medio ambiente				
Clase de peligro	Categoría de peligro			
Toxicidad acuática, aguda	1	2	3	
Toxicidad acuática, crónica	1	2	3	4
Peligros para la capa de ozono	1			

Anexo F. Formato descriptivo e individual de las guías de laboratorio

Docente Encargado:	Nº de estudiantes	Subgrupos

NOMBRE DE LA GUÍA				
Reactivo	Cantidad	Unidad	Cantidad real usada	Grado de Peligro Total
			Suma Peligros	

Anexo G. Matriz de evaluación de reactivos químicos

No.	Nombre Reactivo	Grado de Peligro Total	Nivel de Peligro Total	Cant. Total
1	1,2 Propilenglicol	-	I	4 ml
2	Aceite de inmersión	1.100	V	80 ml
3	Aceite mineral	100	III	5436 ml
4	Acetato de etilo	2.010	V	244 ml
5	Acetato de plomo	2.300	V	4 ml
6	Acetocarmín	10.310	V	1000 ml
7	Acetona	2.010	V	458 ml
8	Ácido acético	20.100	V	488 ml
9	Ácido acético glacial	20.110	V	4 ml
10	Ácido benzoico	12.000	V	20,4 g
11	Ácido clorhídrico	10	II	2098 ml
12	Ácido fórmico	20.010	V	8 ml
13	Ácido nítrico (HNO ₃)	20.110	V	148 ml
14	Ácido salicílico	10.010	V	3 g
15	Ácido sulfúrico	20.010	V	718 ml
16	Agar citrato de Simmons	-	I	23,2 g
17	Agar LIA	-	I	33,12 g
18	Agar Manitol Hipersalino	-	I	355,2 g
19	Agar nutritivo	-	I	320 g
20	Agar papa dextrosa	-	I	160,8 g
21	Agar TSI	-	I	62 g
22	Agua de bromo	12.000	V	60 ml
23	Agua destilada	-	I	635284 ml
24	Alambre de cobre	-	I	720 cm
25	Albúmina	-	I	44 ml
26	Alcohol etílico (Etanol)	2.000	V	32342 ml
27	Alcohol isopentílico (isoamílico)	11.120	V	2 ml
28	Alcohol isopropílico	2.110	V	190 ml
29	Alcohol polivinílico	210	IV	160 ml
30	Alcohol tertbutílico (Ter-Butanol)	3.000	V	52 ml
31	Alfa-naftol	11.020	V	40 ml
32	Amoníaco en solución	20.020	V	8 ml
33	Anhídrido maleico	21.010	V	24 g
34	Azucar (Sacarosa)	-	I	96 g
35	Azufre	1.000	IV	8,4 g
36	Azul de Lactofenol	20.210	V	1120 ml
37	Azul de metileno	20	III	3092 ml
38	Bicarbonato de sodio	10	II	40 ml y 24,6 g

No.	Nombre Reactivo	Grado de Peligro Total	Nivel de Peligro Total	Cant. Total
39	Borato de sodio (Bórax)	1.000	IV	16 g
40	Caco3 (carbonato de calcio)	11.010	V	40 ml y 1,2 g
41	Cal (Óxido de calcio)	11.010	V	1200 g
42	Caldo Bilis Verde Brillante	-	I	160 g
43	Caldo lauril sulfato	-	I	160 g
44	Caldo nutritivo	-	I	160 g
45	Caldo RMVP	-	I	27,2 g
46	Caldo tioglicolato	10.000	V	13,6 g
47	Carbonato de sodio	1.000	IV	0,6 g
48	Carburo de calcio	12.000	V	8 g
49	Cemento	12.010	V	60 g
50	Cloruro de acetilo	21.000	V	8 ml
51	Cloruro de calcio	1.010	V	21000 ml
52	Cloruro de hierro	12.020	V	21001,6 ml
53	Cloruro de potasio	-	I	1500 g
54	Cloruro de Sodio	-	I	2021,6 g
55	Cloruro de zinc	12.010	V	68 g
56	Cobre en polvo	-	I	13,2 g
57	Cristal Violeta	12.110	V	40 ml
58	Dicromato de potasio	28.011	V	200 g
59	Escala mcfarland	-	I	8 kits
60	Éter Etílico	11.230	V	168 ml
61	Fenol	22.300	V	12 ml y 0,8 g
62	Fenolftaleína	1.200	V	3164,8 ml
63	Formaldehído	24.300	V	12 ml
64	Ftalato Hidrogeno de Potasio	-	I	10 g
65	Fucsina	100	III	40 ml
66	Glicerina	10	II	5000 ml
67	Glucosa	-	I	12 g
68	Hexano	2.510	V	264 ml
69	Hidróxido de potasio	20.020	V	16 ml
70	Hidróxido de sodio	20.010	V	4954 ml y 15,88 g
71	Hierro metalico	11.000	V	3,6 g
72	Isobutanol (2-butanol)	11.110	V	2 ml
73	Lugol yodado	4.020	V	2572 ml
74	Magnesio en cinta	200	IV	60 g
75	Medio SIM	-	I	28,8 g

No.	Nombre Reactivo	Grado de Peligro Total	Nivel de Peligro Total	Cant. Total
76	Naftaleno	2.210	V	12 ml
77	Naranja metilo	100	III	615,2 ml
78	Nitrato de plata	12.001	V	12 g y 120 ml
79	Nitrato de plomo	23.011	V	2,4 g
80	Orceina	-	I	1000 ml
81	Oxalato de sodio	10	II	7,2 g
82	Papel Aluminio	-	I	360 cm
83	Parafina	-	I	24 g
84	Pegamento blanco	-	I	200 ml
85	Permanganato de potasio	2.011	V	44 g y 60 ml
86	Peróxido de hidrógeno	20.121	V	352 ml
87	Pirocatecol	22.400	V	52 ml
88	Reactivo Fehling A	2.200	V	4 ml
89	Reactivo Fehling B	20.000	V	4 ml
90	Reactivos de Kovacs	12.140	V	40 ml
91	Rojo de metilo	100	III	40 ml
92	Sodio	11.000	V	40 g
93	Solución de Aluminio	2.010	V	1500 ml
94	Solución de oxalato de amonio	10	II	180 ml
95	Solución Sulfato de magnesio	-	I	21000 ml
96	Solución tampón de fosfato	-	I	21000 ml
97	Soluciones búfer	-	I	300 ml
98	Sulfato de aluminio	11.100	V	1600 g
99	Sulfato de cobre	4.010	V	2100 ml y 36 g
100	Sulfato de Plata	12.000	V	55 g
101	Sulfato de zinc	12.110	V	1500 ml
102	Sulfuro de carbono	4.100	V	8 ml
103	Tiosulfato de sodio pentahidrato	-	I	12 ml
104	Vaselina	-	I	6 g
105	Yoduro de potasio	1.000	IV	3 g
106	Zinc metálico	2.000	V	2,4 g

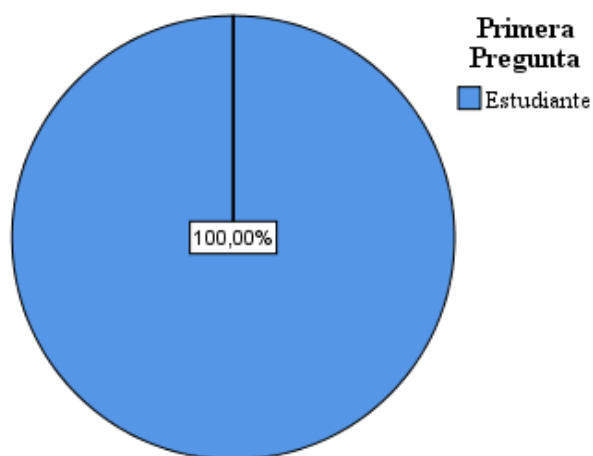
Anexo H. Peligrosidad de las guías de laboratorio con clase de peligro de mutagenicidad, carcinogenicidad y toxicidad para la repro.

Reactivo	Nombre de la Guía de Laboratorio	Código de la Guía	Mutagenecidad en células germinales	Carcinogenicidad	Toxicidad para la reproducción
Acetocarmin (Carmin)	GUÍA N° 5: MITOSIS Y MEIOSIS	B5		2	1A
Éter Etílico	GUÍA N° 4: IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES POR SOLUBILIDAD	Q04			
	GUÍA N° 6: RECONOCIMIENTO DE ALCOHOLES Y FENOLES	Q06			2
	GUÍA N° 5: MÉTODOS DE SEPARACIÓN DE MEZCLA S2: CROMATOGRAFÍA Y DESTILACIÓN	Q14			
hexano	GUÍA N° 2: RECONOCIMIENTO DE PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS: DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EBULLICIÓN DE UNA SUSTANCIA PURA, DENSIDAD Y PH.	Q02			
	GUÍA N° 3: RECONOCIMIENTO DE PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS: DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FUSIÓN DE UNA SUSTANCIA PURA. OBTENCIÓN DE HIDROCARBUROS	Q03			2
	GUÍA N° 4: IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES POR SOLUBILIDAD	Q04			
	GUÍA N° 5: MÉTODOS DE SEPARACIÓN DE MEZCLA S2: CROMATOGRAFÍA Y DESTILACIÓN	Q14			
	GUÍA N° 6: ENLACES QUÍMICOS	Q15			
acetato de plomo	GUÍA N° 10: PROPIEDADES QUÍMICAS DE BIOMOLÉCULAS	Q010		2	2
Azul de Lactofenol	GUÍA N° 7: PROTOZOOS, HONGOS Y LEVADURAS	B7			
	GUÍA N° 5: CURVA DE CRECIMIENTO	M5		2	
	GUÍA N° 3: DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA	M3			
fenol	GUÍA N° 3: RECONOCIMIENTO DE PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS: DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FUSIÓN DE UNA SUSTANCIA PURA. OBTENCIÓN DE HIDROCARBUROS	Q03	1B		1B
fucsina	GUÍA N° 3: DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA	M3		2	

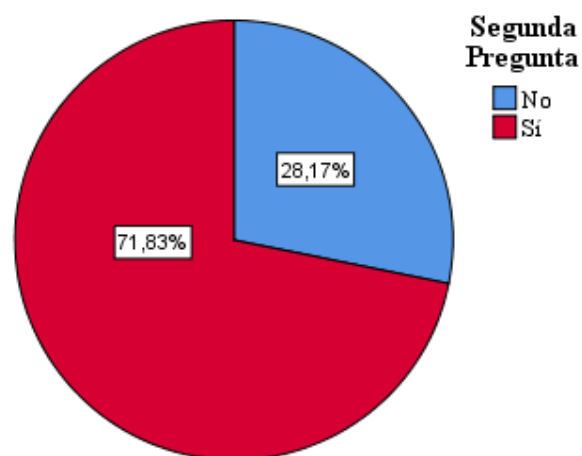
Reactivo	Nombre de la Guía de Laboratorio	Código de la Guía	Mutagenicidad en células germinales	Carcinogenicidad	Toxicidad para la reproducción
pirocatecol	GUÍA N° 3: RECONOCIMIENTO DE PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS: DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FUSIÓN DE UNA SUSTANCIA PURA. OBTENCIÓN DE HIDROCARBUROS	QO3	2	2	2
formaldehído	GUÍA N° 7: REACCIONES DE ALDEHÍDOS, CETONAS Y LÍPIDOS	QO7	2	1B	
Dicromato de potasio	GUÍA N° 1: CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS	EA1	1B	1B	1B
Cristal Violeta	GUÍA N° 3: DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA	M3		2	
Fenolftaleína	GUÍA N° 1: NEUTRALIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	TAR1	2	1B	2
	GUÍA N° 6: FOTOSÍNTESIS Y RESPIRACIÓN CELULAR	B6			
	GUÍA N° 6 : RECONOCIMIENTO DE ALCOHOLES Y FENOLES	QO6			
	GUÍA N° 7: FUNCIONES INORGANICAS	QI6			
	GUÍA N° 1: REACCIONES EXPONTÁNEAS, CELDAS GALVÁNICAS E HIDRÓLISIS	EQ1			
	GUÍA N° 8: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES	QI7			
	GUÍA N° 9: REACCIONES QUÍMICAS Y ESTEQUIOMETRÍA	QI8			
Nitrato de plomo	GUÍA N° 3: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MATERIA	QI2		1B	1A
Borato de sodio	GUÍA N° 9: POLIMERIZACIÓN	QO9			1B
Naftaleno	GUÍA N° 3: RECONOCIMIENTO DE PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS: DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FUSIÓN DE UNA SUSTANCIA PURA. OBTENCIÓN DE HIDROCARBUROS	QO3		2	
Sulfuro de carbono	GUÍA N° 6: RECONOCIMIENTO DE ALCOHOLES Y FENOLES	QO6			2

*Anexo I. Resultados de las encuestas a estudiantes***1. ¿Es usted?**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Estudiante	142	100,0	100,0	100,0

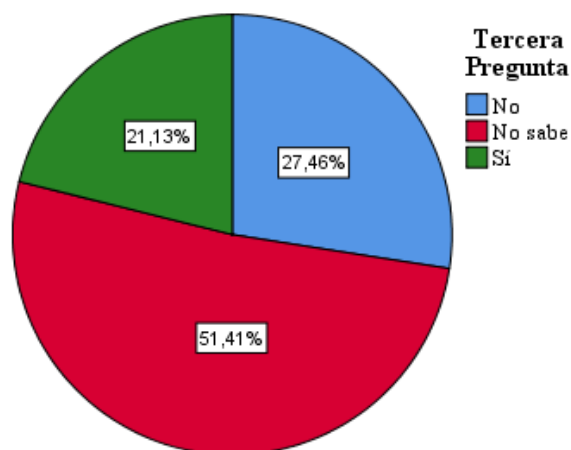
**2. ¿Tiene algún conocimiento sobre el concepto de Química Verde?**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido No	40	28,2	28,2	28,2
Sí	102	71,8	71,8	100,0
Total	142	100,0	100,0	



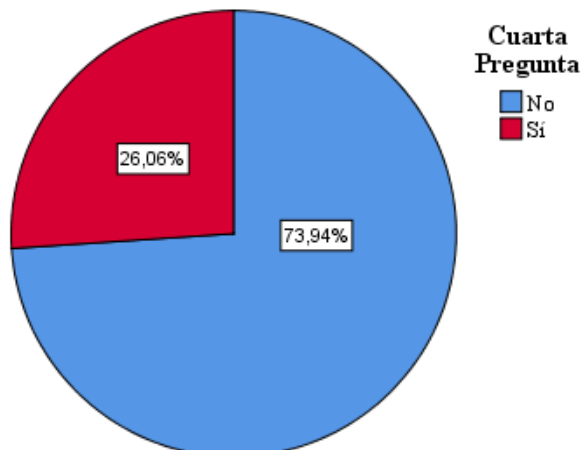
3. ¿Sabe si ha sido aplicada la Química Verde en alguno de los espacios académicos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	39	27,5	27,5	27,5
	No sabe	73	51,4	51,4	78,9
	Sí	30	21,1	21,1	100,0
	Total	142	100,0	100,0	



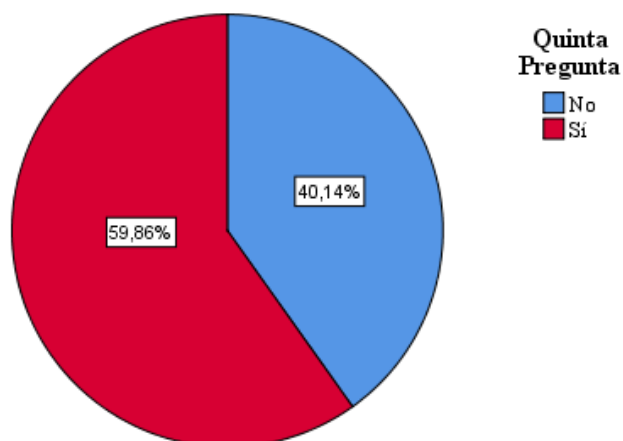
4. ¿Tiene algún conocimiento sobre el concepto de trabajo en Microescala en el ámbito de la química?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	105	73,9	73,9	73,9
	Sí	37	26,1	26,1	100,0
	Total	142	100,0	100,0	



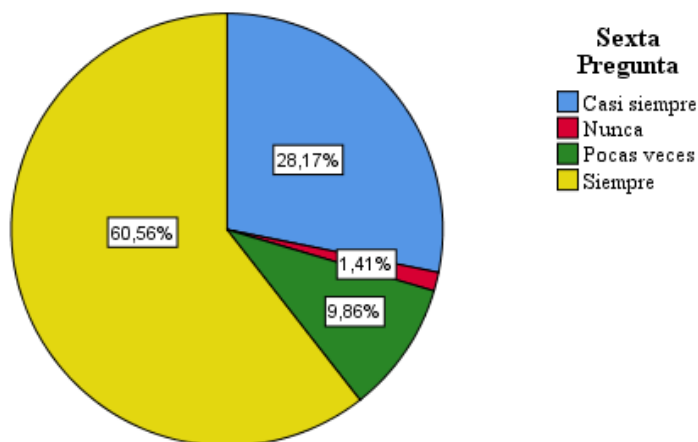
5. ¿Tiene algún conocimiento acerca de lo que es el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	57	40,1	40,1	40,1
	Sí	85	59,9	59,9	100,0
	Total	142	100,0	100,0	



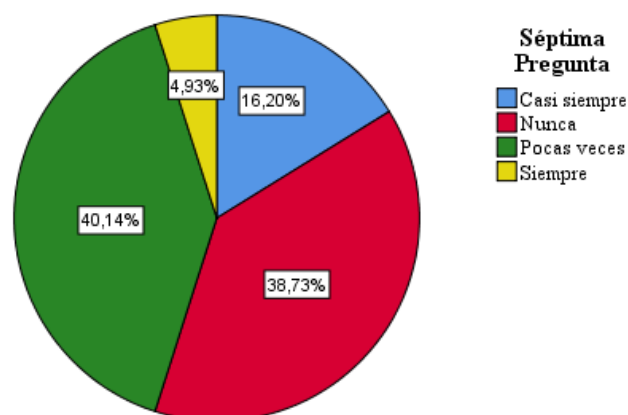
6. Responder sólo si usted es estudiante: Antes de realizar prácticas de laboratorio ¿Fue informado sobre la peligrosidad de las sustancias que se iban a utilizar?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Casi siempre	40	28,2	28,2	28,2
	Nunca	2	1,4	1,4	29,6
	Pocas veces	14	9,9	9,9	39,4
	Siempre	86	60,6	60,6	100,0
	Total	142	100,0	100,0	



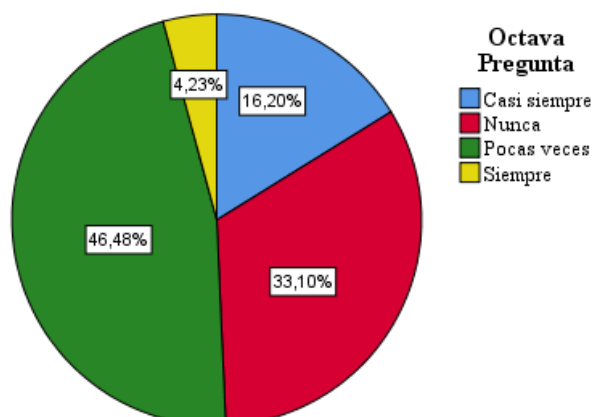
7. ¿Ha tenido que neutralizar residuos químicos resultantes de las prácticas de laboratorio?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Casi siempre	23	16,2	16,2	16,2
	Nunca	55	38,7	38,7	54,9
	Pocas veces	57	40,1	40,1	95,1
	Siempre	7	4,9	4,9	100,0
	Total	142	100,0	100,0	



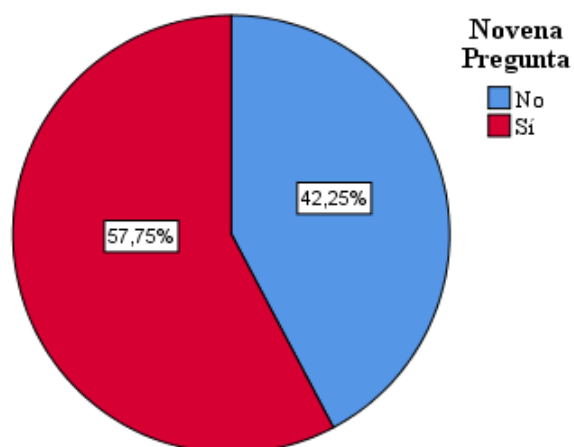
8. Responder sólo si usted es estudiante: ¿Ha vertido residuos químicos resultantes de las prácticas de laboratorio al sifón por desconocer donde depositarlos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Casi siempre	23	16,2	16,2	16,2
	Nunca	47	33,1	33,1	49,3
	Pocas veces	66	46,5	46,5	95,8
	Siempre	6	4,2	4,2	100,0
	Total	142	100,0	100,0	



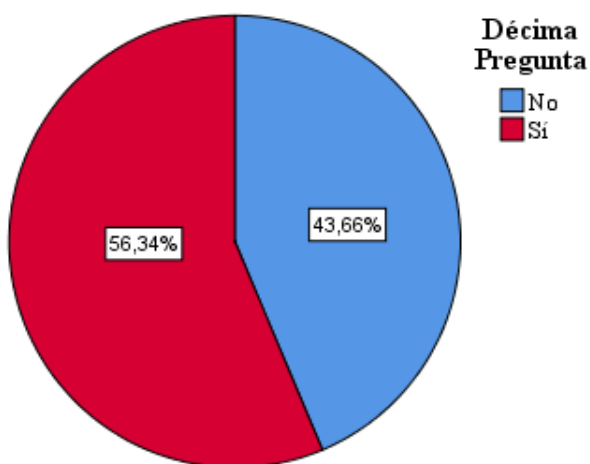
9. ¿Cree que el desarrollo de las guías de laboratorios considera el riesgo ambiental de las sustancias usadas y producidas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	60	42,3	42,3	42,3
	Sí	82	57,7	57,7	100,0
	Total	142	100,0	100,0	



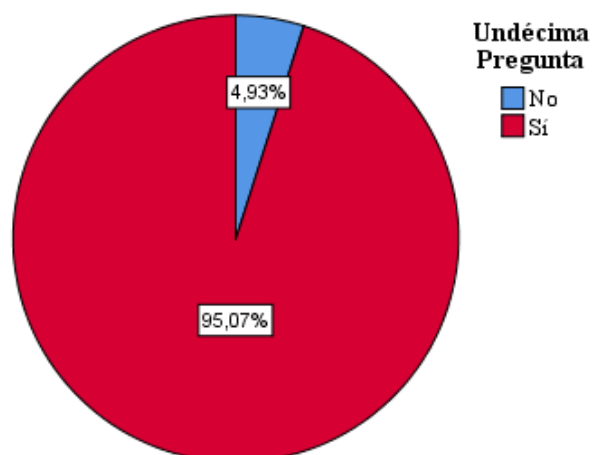
10. ¿Ha recibido información en la facultad sobre el manejo que se debe dar a los tipos de residuos resultantes de las prácticas de laboratorios?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	62	43,7	43,7	43,7
	Sí	80	56,3	56,3	100,0
	Total	142	100,0	100,0	



11. ¿Considera importante que las guías de laboratorios sean elaboradas teniendo en cuenta la peligrosidad y el concepto de desarrollo sostenible?

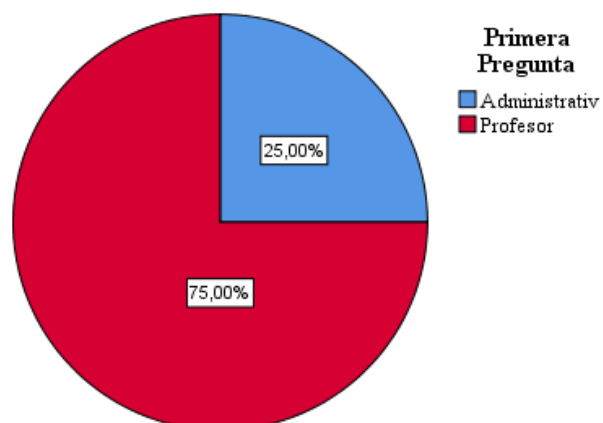
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido No	7	4,9	4,9	4,9
Sí	135	95,1	95,1	100,0
Total	142	100,0	100,0	



Anexos J. Resultados de las encuestas a profesores y administrativos

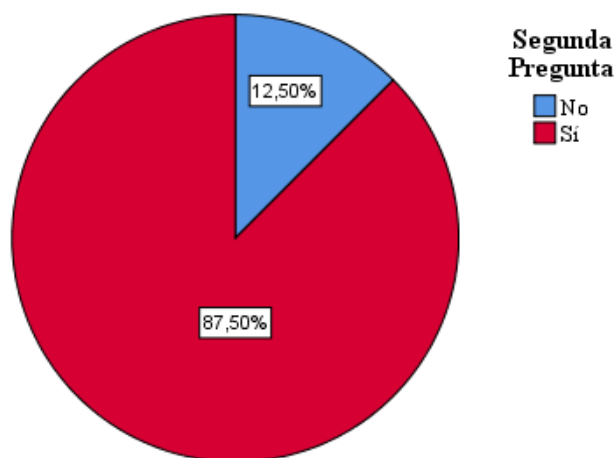
1. ¿Es usted?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Administrativo	4	25,0	25,0	25,0
Profesor	12	75,0	75,0	100,0
Total	16	100,0	100,0	



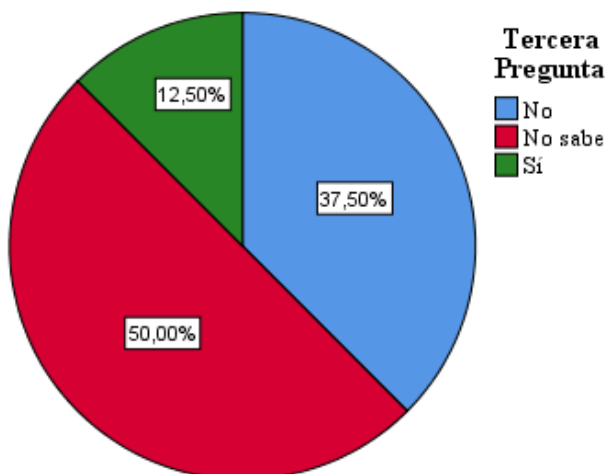
2. ¿Tiene algún conocimiento sobre el concepto de Química Verde?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	2	12,5	12,5	12,5
	Sí	14	87,5	87,5	100,0
	Total	16	100,0	100,0	



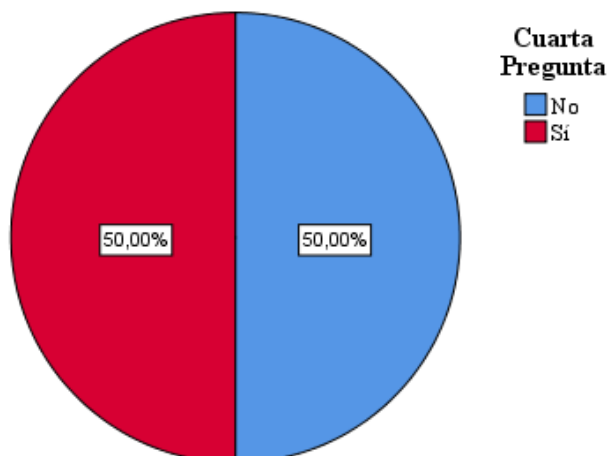
3. ¿Sabe si ha sido aplicada la Química Verde en alguno de los espacios académicos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	6	37,5	37,5	37,5
	No sabe	8	50,0	50,0	87,5
	Sí	2	12,5	12,5	100,0
	Total	16	100,0	100,0	



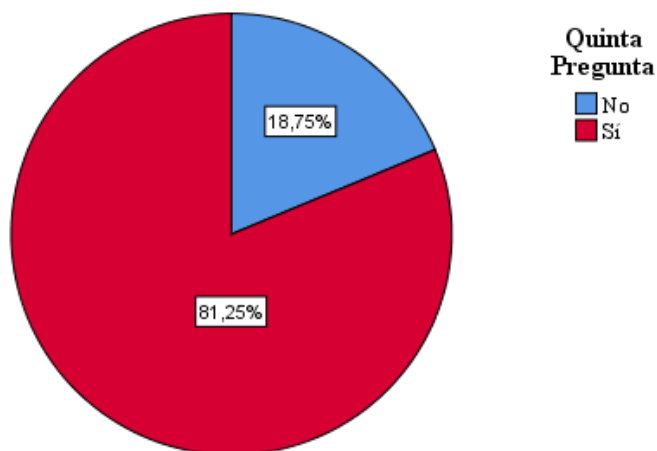
4. ¿Tiene algún conocimiento sobre el concepto de trabajo en Microescala en el ámbito de la química?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	8	50,0	50,0	50,0
	Sí	8	50,0	50,0	100,0
	Total	16	100,0	100,0	



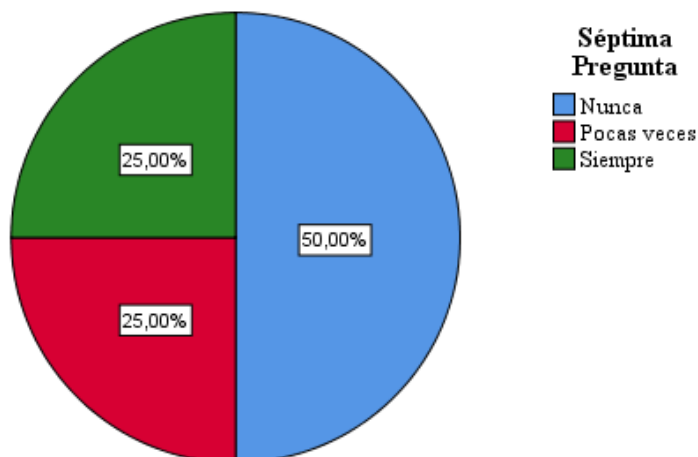
5. ¿Tiene algún conocimiento acerca de lo que es el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	3	18,8	18,8	18,8
	Sí	13	81,3	81,3	100,0
	Total	16	100,0	100,0	



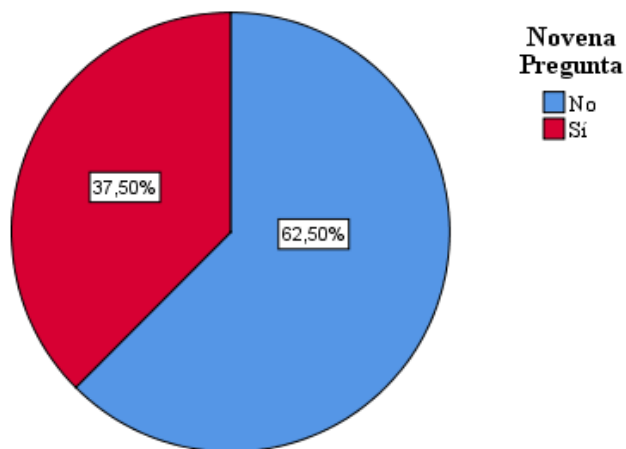
7. ¿Ha tenido que neutralizar residuos químicos resultantes de las prácticas de laboratorio?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	8	50,0	50,0	50,0
	Pocas veces	4	25,0	25,0	75,0
	Siempre	4	25,0	25,0	100,0
	Total	16	100,0	100,0	



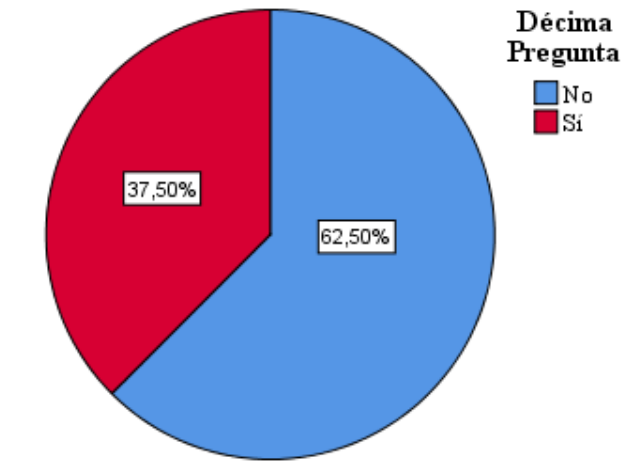
9. ¿Cree que el desarrollo de las guías de laboratorios considera el riesgo ambiental de las sustancias usadas y producidas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	10	62,5	62,5	62,5
	Sí	6	37,5	37,5	100,0
	Total	16	100,0	100,0	



10. ¿Ha recibido información en la facultad sobre el manejo que se debe dar a los tipos de residuos resultantes de las prácticas de laboratorios?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	10	62,5	62,5	62,5
	Sí	6	37,5	37,5	100,0
	Total	16	100,0	100,0	



11. ¿Considera importante que las guías prácticas de laboratorios sean elaboradas teniendo en cuenta la peligrosidad y el concepto de desarrollo sostenible?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Sí	16	100,0	100,0	100,0

