



## **INFORME TÉCNICO DEL CONCEPTO:**

**Actualización de las Guías de Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio aplicando conceptos de Química Verde y trabajo en la microescala**

Jonathan Steven Murcia Fandiño, Saúl Martínez Molina, Yésica Natalia Mosquera Beltrán,  
Valma Martins Barbosa

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2020

# CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

## INTRODUCCIÓN

En el presente concepto técnico se realiza la aplicación de conceptos de química verde y trabajo en la microescala para la actualización de las guías de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás-Sede Villavicencio (Fase 2), a través de una metodología que está dividida en tres fases, comenzando con el establecimiento de propuestas de mejora a las guías de laboratorio priorizadas basados en la evaluación de peligrosidad de los reactivos químicos usados en estos lugares, seguido por realización de pruebas de validación para las propuestas de mejora en las guías de laboratorio priorizadas, finalizando estimación de la generación de residuos químicos y estrategias para su adecuada gestión., se espera que los resultados obtenidos funcionen como base para la sustitución y/o minimización del uso de reactivos químicos con características peligrosas de alta categoría según lo establecido en el Sistema Globalmente Armonizado, además se estima de una orientación al aprovechamiento de los residuos peligrosos.

El presente trabajo es útil debido a que al aplicar los principios de química verde logra establecer una propuesta para reducir en un 64% los peligros asociados a las prácticas, propone la sustitución de reactivos químicos con alta peligrosidad en las prácticas de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental.

## ALCANCE

El presente trabajo fue realizado en un tiempo de seis (6) meses, iniciando en febrero y finalizando para el mes de julio del año electivo 2020. Ante la emergencia sanitaria por causa del coronavirus (COVID-19) a nivel mundial, el cronograma fue modificado, ampliando el tiempo de ejecución del proyecto hasta agosto. Para esta actividad se contempló una población objeto que está conformada por directivos, docentes, auxiliares de laboratorio y estudiantes de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás - Sede Villavicencio que hacen manejo o uso de las instalaciones de laboratorio para su desarrollo curricular. La zona de estudio se realizó en la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, que está situada en el departamento del Meta, Colombia, en la zona de laboratorios de la Sede de Aguas Claras (Figura 1.) donde la Facultad realiza sus respectivas prácticas.

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.



**Figura 1.** Zona de estudio. Fuente: Barbosa & Cuestas, 2019.

## ANTECEDENTES

Para tratar esta problemática en el año del 93 se acuñó por la EPA el término de química verde, que plantea el diseño de productos o procesos que buscan reducir o eliminar el uso o la producción de las sustancias peligrosas (Anastas, 2012).

El estudio realizado en la primera Fase del Proyecto Análisis de la peligrosidad de los reactivos químicos usados en prácticas de laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás–Sede Villavicencio, da línea al presente trabajo, debido a que nos dice cuales son las sustancias químicas con mayor peligrosidad, priorizando un grupo de sustancias químicas en las cuales se debe hacer el estudio de químicas verde y microescala.

## METODOLOGÍA

En esta fase del macroproyecto se estudió *medidas de manejo*, se explica su respectiva metodología desde tres subfases que se presenta a continuación Figura 2.

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.



**Figura 2.** Fases de la metodología. Fuente: Barbosa & Cuestas, 2019.

**Fase 1.**

**Establecimiento de propuestas de mejora a las guías de laboratorio priorizadas basados en la evaluación de peligrosidad de los reactivos químicos usados en estos lugares.**

Se realizó las propuestas de mejora de las guías de procedimientos experimentales de laboratorio seleccionadas con las nuevas cantidades de reactivos a usar, además de la identificación de los peligros al cual el estudiante se encuentra expuesto.

**Fase 2.**

**Realización de pruebas de validación para las propuestas de mejora en las guías de laboratorio priorizadas.**

Desarrollo de las pruebas de validación en el laboratorio de las guías priorizadas y modificadas con las nuevas cantidades de sustancias químicas a usar, posterior a ello se realizará Presentación de las guías de laboratorio con los resultados obtenidos para ser validados por parte del docente al que le corresponde la asignatura.

**Fase 3.**

**Estimación de la generación de residuos químicos y estrategias para su adecuada gestión.**

Se realizaron los cálculos estequiométricos de cada procedimiento químico alterado de las guías modificadas, para así establecer estrategias que puedan minimizar el peligro del nuevo Respel; posteriormente se proponen nuevas estrategias para la adecuada gestión de estos residuos, al segregar estos por grupo funcional se podría disminuir el peligro de los actores involucrados en los elementos de gestión del Respel y/o establecer oportunidades de aprovechamiento.

# CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

## RESULTADOS

Se evidencian los resultados obtenidos a partir de la metodología establecida anteriormente.

*Establecimiento de propuestas de mejora en las guías de laboratorio priorizadas basados en la evaluación de riesgo químico de los reactivos usados en ellas.*

Considerando la información recopilada en la primera fase (*Fase de diagnóstico*) del macro -proyecto de investigación. Se muestra un Ranking de peligrosidad total de las guías de laboratorio, también revela la prioridad de ciertas guías con base a la categoría de peligro de sus reactivos; debido a que poseen efectos mutagénicos, carcinogénicos y tóxicos para la reproducción.

Se estandarizó un valor límite para identificar las guías a tratar teniendo en cuenta el Ranking mencionado previamente; esta metodología se adopta debido a que actualmente la Facultad de Ingeniería Ambiental maneja 53 guías de laboratorio, que contienen algún reactivo químico durante su realización, pero existen guías de laboratorio donde se presentan sustancias químicas con efectos adversos para la salud.

Se ordena de forma ascendente las guías de laboratorio, con el fin de evidenciar aquellos valores que excedían 100.000, en la columna de “Grado de peligro Total” para ser tenidos en cuenta en este estudio (Tabla 1). El total de guías que superaron este valor fue de cinco (5).

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

**Tabla 1.** Ranking de Peligrosidad (Valores superiores a 100.000) Fuente: Herrera, 2019.

NOMBRE DEL ESPACIO ACADÉMICO	NOMBRE DE LA GUÍA DE LABORATORIO	CÓDIGO DE LA GUÍA	GRADO DE PELIGRO TOTAL
Química Orgánica	Guía N.º 7: Reacciones de aldehídos, cetonas y lípidos	QO7	157.622
	Guía N.º 8: Identificación de ácidos carboxílicos y reacciones de esterificación	QO8	151.510
Química Inorgánica	Guía N.º 9: Reacciones químicas y estequiometría	QI8	126.733
Química Orgánica	Guía N.º 6: Reconocimiento de alcoholes	QO6	113.011
	Guía N.º 4: Identificación de grupos funcionales por solubilidad	QO4	100.110

Se muestra una clasificación de los peligros de mutagenicidad en células germinales, carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción, información de suma importancia para el estudio que se realiza actualmente. Por ello, observando el Ranking de peligrosidad, se estipuló estudiar las primeras cinco guías que contienen reactivos altamente peligrosos (Tabla 2.). Se decide trabajar con 10 guías de laboratorio a priorizar, 5 escogidas por su grado de peligrosidad total y 5 por el reactivo químico más peligroso para la salud.

**Tabla 2.** Ranking de Peligrosidad (Reactivo altamente peligroso). Fuente: Herrera, 2019.

NOMBRE DEL ESPACIO ACADÉMICO	NOMBRE DE LA GUÍA DE LABORATORIO	CÓDIGO DE LA GUÍA	GRADO DE PELIGRO TOTAL	REACTIVO A TENER EN CUENTA
Química Inorgánica	Guía N.º 3: Propiedades físicas y químicas de la materia	QI2	68.552	Nitrato de Plomo
Biología	Guía N.º 5: Mitosis y meiosis	B5	12.310	Acetocarnín
Energías Alternativas	Guía N.º 1: Caracterización de Sustratos Orgánicos	EA1	60.021	Dicromato de Potasio
Química Orgánica	Guía N.º 3: Reconocimiento de propiedades de los compuestos orgánicos: Determinación del punto de fusión de una sustancia pura. Obtención de hidrocarburos.	QO3	75.531	Fenol
Biología	Guía N.º 6: Fotosíntesis y respiración celular	B6	23.210	Fenolftaleína

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO  
TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y  
TRABAJO EN LA MICROESCALA.

Para tener conocimiento de los peligros que maneja cada reactivo, se ratificó por medio del Sistema Globalmente Armonizado los peligros asociados al compuesto químico. En caso de que no se encuentre una alternativa viable, se reduce las cantidades a trabajar dando cumplimiento al tercer principio de la química verde.

A continuación, en las Tablas 3 y 4 se evidencian las guías seleccionadas destacando los procedimientos a modificar junto con los reactivos originales y la propuesta para validar.

**Tabla 3.** Guías seleccionadas por la presencia de sustancias químicas altamente peligrosas, resaltando el procedimiento a modificar junto con sus reactivos originales y los propuestos

<b>Guías seleccionadas resaltando el procedimiento a modificar junto con sus reactivos originales y los propuestos</b>				
<b>Guía</b>	<b>Original</b>		<b>Propuesta</b>	
	<b>Procedimiento</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Reactivos</b>
Propiedades físicas y químicas de la materia	Lluvia de oro	Yoduro de Potasio	Formación de carbonato de calcio	Carbonato de Sodio
		Nitrato de Plomo		Cloruro de Calcio
		Agua destilada		Agua destilada
Mitosis y meiosis	Mitosis y meiosis	Orceína	Mitosis y meiosis	Orceína
		Acetocarmín		Safranina
		Alcohol		Ácido clorhídrico
Caracterización de sustratos orgánicos	Relación DQO/SV	Ácido Sulfúrico	Relación DQO/SV	Ácido Sulfúrico
		Ftalato de Hidrógeno de Potasio		Ftalato de Hidrógeno de Potasio
		Agua destilada		Agua destilada
		Dicromato de Potasio		Permanganato de Potasio

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO  
TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y  
TRABAJO EN LA MICROESCALA.

		Sulfato de Plata		Sulfato de Plata
Reconocimiento de propiedades de los compuestos orgánicos...	Determinación del Punto de fusión	Tiosulfato de sodio	Determinación del Punto de fusión	Tiosulfato de sodio
		Aceite mineral		Aceite mineral
		Fenol		Naftaleno
		Naftaleno		
		Pirocatecol		
Fotosíntesis y respiración celular	Fotosíntesis y respiración celular	Fenolftaleína	Fotosíntesis y respiración celular	Naranja de metilo
		Agua		Agua
		Hidróxido de sodio		Hidróxido de sodio

**Tabla 4.** Guías seleccionadas por la totalidad de peligro que presenta, resaltando el procedimiento a modificar junto con sus reactivos originales y los propuestos

Guías seleccionadas por la totalidad de peligro que presenta, resaltando el procedimiento a modificar junto con sus reactivos originales y los propuestos				
Guía	Original		Propuesta	
	Procedimiento	Reactivos	Procedimiento	Reactivos
Reacción aldehídos, cetonas y lípidos	Reactivo de Tollens	Formaldehído	Reactivo de Tollens	Glutaraldehído
		Acetona		Acetona
		Reactivo de Tollens		Reactivo de Tollens
	Prueba de Fehling	Formaldehído	Prueba de Fehling	Glutaraldehído
		Acetona		Acetona
		Reactivo de Fehling A		Reactivo de Fehling A
		Reactivo de Fehling B		Reactivo de Fehling B
	Oxidación de Acetona y Formol	Permanganato de Potasio	Prueba de Schiff	Reactivo de Schiff
		Acetona		Benzaldehído

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO  
TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y  
TRABAJO EN LA MICROESCALA.

Guías seleccionadas por la totalidad de peligro que presenta, resaltando el procedimiento a modificar junto con sus reactivos originales y los propuestos				
	Prueba de Lugol	Formaldehído	Prueba de Lugol	Acetona
		Hidróxido de Potasio		Hidróxido de Potasio
		Acetona		Acetona
		Formaldehído		Glutaraldehído al 2%
		Lugol		Lugol
		Agua destilada		Agua destilada
Identificación de ácidos carboxílicos y reacciones de esterificación	Prueba de Tollens	Ácido fórmico	Prueba de Tollens	Acido benzoico
		Ácido acético		Cloruro de acetilo
		Reactivo de Tollens A		Reactivo de Tollens A
		Reactivo de Tollens B		Reactivo de Tollens B
	Formación del benzoato de etilo	Ácido benzoico	Formación del benzoato de etilo	Ácido benzoico
		Etanol		Etanol
		Ácido sulfúrico		Ácido nítrico
	Formación de salicilato de etilo	Etanol	Formación de salicilato de etilo	Aspirina
		Aspirina		Etanol
		Ácido sulfúrico		Ácido nítrico
	Formación de butirato de etilo	Mantequilla	Formación de butirato de etilo	Mantequilla
		Etanol		Etanol
		Hidróxido de sodio		Hidróxido de sodio
		Ácido sulfúrico		Ácido sulfúrico
	Preparación de ésteres derivados de haluros de ácido	Etanol	Preparación de ésteres derivados de haluros de ácido	Etanol
		Isopropanol		Isopentanol
		Isobutanol		Isopropanol
		Isopentanol		Isoamílico

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

Guías seleccionadas por la totalidad de peligro que presenta, resaltando el procedimiento a modificar junto con sus reactivos originales y los propuestos

		Cloruro de acetilo		Cloruro de acetilo
Reacciones químicas y estequiometría	Reacción de síntesis	Sulfato cúprico	Reacción de síntesis	Limadura de hierro
		Cobre en polvo		Azufre en polvo
		Azufre en polvo		
	Reacción de descomposición	Bicarbonato de sodio	Reacción de descomposición	Bicarbonato de sodio
		Agua destilada		Naranja de metilo
		Fenolftaleína		Agua destilada
	Reacción de desplazamiento	Magnesio metálico	Reacción de desplazamiento	Magnesio metálico
		Ácido clorhídrico al 5%		Ácido nítrico
	Reacción de doble desplazamiento	Bicarbonato de sodio	Reacción de doble desplazamiento	Bicarbonato de sodio
		Ácido clorhídrico al 37%		Ácido nítrico
	Pruebas de reacción de permanganato de potasio	Peróxido de hidrógeno	Pruebas de reacción de permanganato de potasio	Peróxido de hidrógeno
		Ácido sulfúrico		Ácido nítrico
		Hierro metálico		Hierro metálico
		Permanganato de potasio		Permanganato de potasio
	Reacción de reducción de glucosa	Glucosa	Reacción de reducción de glucosa	Glucosa
Agua destilada		Agua destilada		
Azul de metileno		Naranja de metilo		
Hidróxido de sodio		Hidróxido de sodio		
Reacción de reducción de permanganato de potasio	Ácido sulfúrico	Reacción de reducción de permanganato de potasio	Oxalato de sodio	
	Agua destilada		Agua destilada	
	Oxalato de sodio		Ácido nítrico	
	Permanganato de potasio		Permanganato de potasio	

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

Guías seleccionadas por la totalidad de peligro que presenta, resaltando el procedimiento a modificar junto con sus reactivos originales y los propuestos

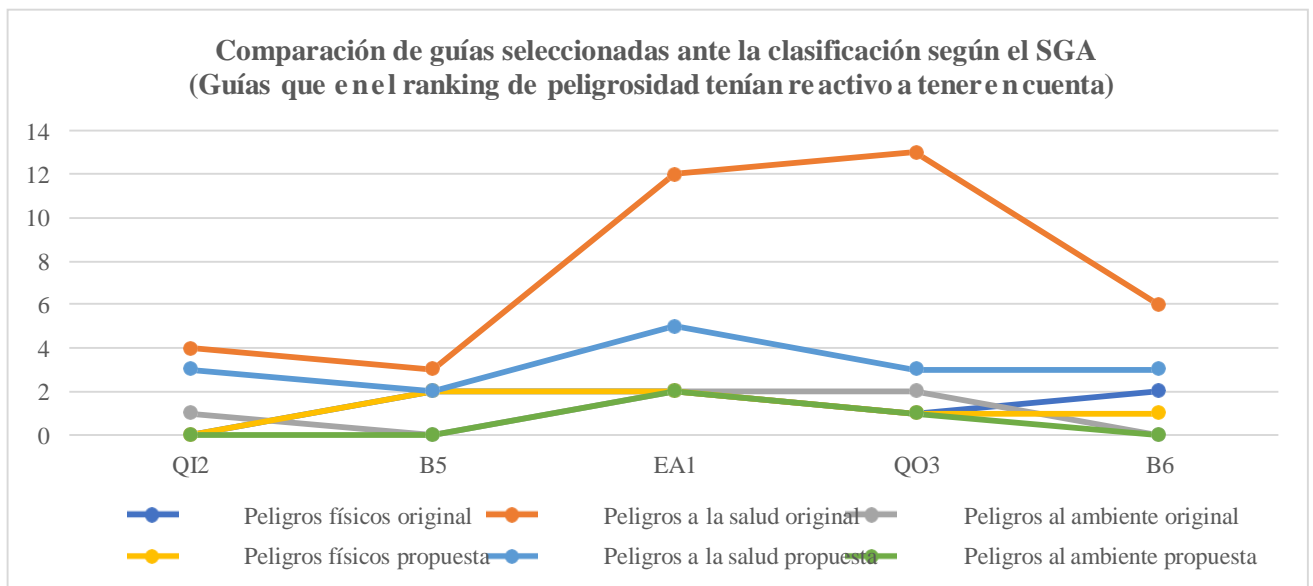
Reconocimiento de alcoholes	Prueba del xantato	Etanol	Prueba del xantato	Etanol
		Isopropanol		Propilenglicol
		Terbutanol		Isopentílico
		Propilenglicol		Isoamílico
		Lenteja Hidróxido de Sodio		Lenteja Hidróxido de Potasio
		Éter etílico		Disulfuro de Carbono
		Disulfuro de Carbono		
	Prueba del sodio metálico	Etanol	Prueba del sodio metálico	Etanol
		Isopropanol		Propilenglicol
		Terbutanol		Isopropanol
		Fenolftaleína		Sodio Metálico
		Sodio Metálico		Naranja de metilo
	Prueba de oxidación	Etanol	Prueba de oxidación	Etanol
		Isopropanol		Propilenglicol
		Terbutanol		Isopropanol
		Permanganato de potasio		Permanganato de potasio
	Prueba de Lucas	Etanol	Prueba de Lucas	Etanol
		Isopropanol		Propilenglicol
		Terbutanol		Isopropanol
		Ácido Clorhídrico		Reactivo de Lucas
Cloruro de Zinc				
Identificación de grupos	Grupos funcionales por solubilidad	Agua	Grupos funcionales por solubilidad	Agua
		Éter etílico		Éter etílico
		Hidróxido de sodio		Hidróxido de sodio

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

Guías seleccionadas por la totalidad de peligro que presenta, resaltando el procedimiento a modificar junto con sus reactivos originales y los propuestos

funcionales por solubilidad	Ácido clorhídrico	Ácido clorhídrico
	Bicarbonato de sodio	Bicarbonato de sodio
	Ácido sulfúrico	Ácido sulfúrico
	Acetato de etilo	Acetato de etilo
	Ácido salicílico	Ácido salicílico

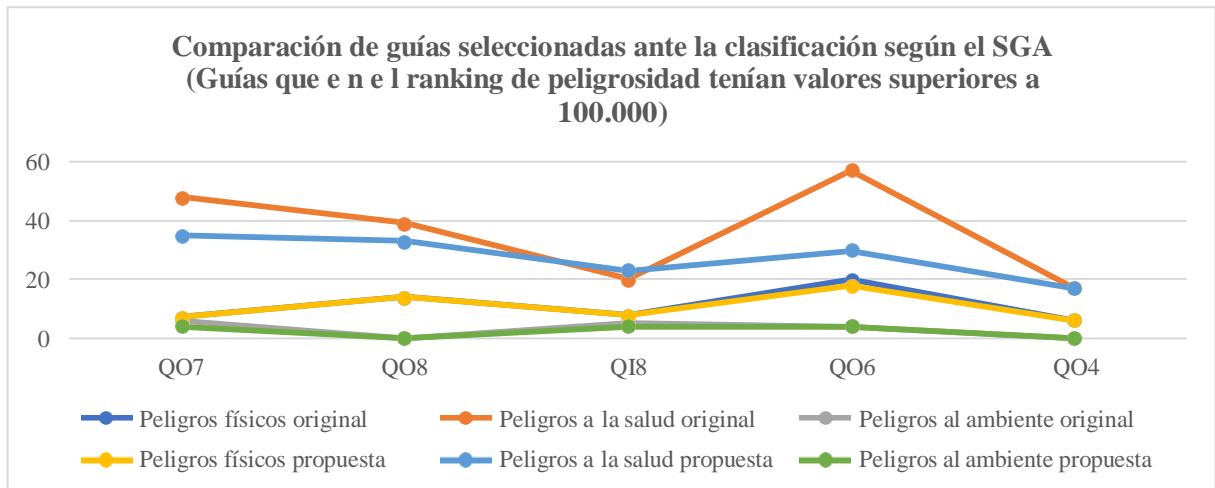
En la Gráfica 1, se evidencia las cinco guías que se seleccionaron a partir de contener un compuesto químico altamente peligroso, en la Gráfica 2 que está relacionando a las cinco guías que tuvieron un valor superior a 100.000, según el SGA la comparación que se obtuvo en la actividad original y la propuesta de las guías seleccionadas.



**Gráfica 1.** Comparación de guías seleccionadas ante la clasificación según el SGA (Guías que en el ranking de peligrosidad tenían reactivos a tener en cuenta).

En la Gráfica 1, se evidencia que la categoría de “peligros físicos” es vulnerable ante la reacción que pueden generar las sustancias químicas a tratar.

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.



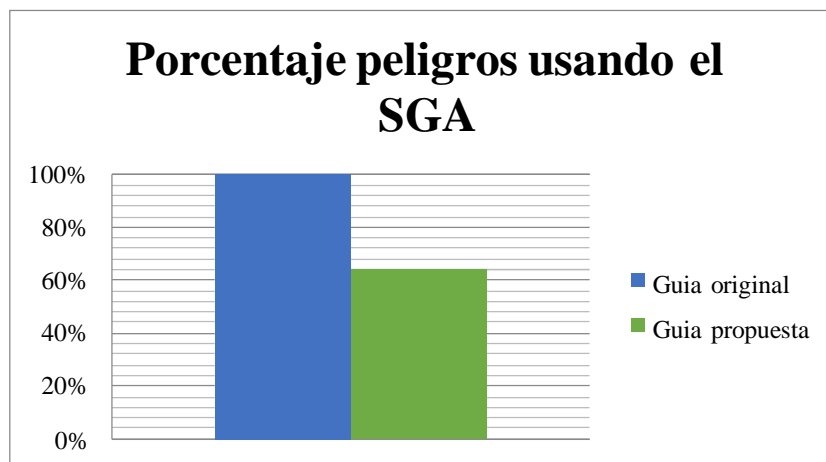
**Gráfica 2.** Comparación de guías seleccionadas ante la clasificación según el SGA (Guías que en el ranking de peligrosidad tenían reactivo a tener en cuenta).

La guía de reconocimiento de alcoholes de química orgánica (QO6) se establece con un valor de peligrosidad total de 113.011 según el ranking de peligrosidad entregado por la primera fase del macro proyecto. A partir de este se observa que una de las sustancias más peligrosas dentro de este es la fenolftaleína, dicha sustancia esta categorizada como sustancia que provoca mutagenicidad en células germinales (3.5), es cancerígena (3.6) y es tóxica para la reproducción (3.7). Además de esto al realizar la identificación de los peligros adaptando el SGA se determinó que posee 81 peligros derivados en 20 peligros físicos, 57 peligros a la salud y 4 peligros para el ambiente. Claramente se evidencia que, los estudiantes, docente y trabajadores de la USTA se encuentran expuestos a peligros de toxicidad, irritación cutánea, irritación ocular, peligro por aspiración entre otros.

Aplicando química verde y trabajo en la microescala se genera la nueva guía con diferentes sustancias químicas que suplan las necesidades de la práctica se reduzca los peligros físicos, peligros para la salud y peligros para el medio ambiente. El naranja de metilo entra como sustituto de la fenolftaleína, se eliminan otras sustancias peligrosas como el alcohol tercbutílico (tertbutanol), el éter etílico y el cloruro de zinc.

## CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

De esta manera los peligros identificados con el SGA en la nueva guía propuesta con la utilización de sustancias químicas que sustituyeran a las mencionadas en el párrafo interior es de 52 peligros el cual se encuentran distribuidos en 18 peligros físicos, 30 peligros para la salud y 4 para el medio ambiente. Se reducen los peligros en un 36% (Gráfica 3) al comparar los peligros de la guía original con la guía propuesta. Obteniendo datos positivos en la aplicación de química verde y trabajo en la microescala.



**Gráfica 3.** Comparación porcentaje de peligros de la guía de reconocimiento de alcoholes, guía original y guía propuesta.

Plantear estrategias para la adecuada gestión de los residuos químicos asociados a las prácticas de laboratorio desarrollados por el Programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás.

La mayoría de laboratorios de ensayo y prácticas de enseñanza media y superior no identifican y/o cuantifican sus Respel, además no cuentan con sistemas de tratamiento para sus desechos. Aunque algunas instituciones están interesadas en desarrollar estudios para el diseño de soluciones a estos residuos, el apoyo y el interés en investigar este tema es bajo y es necesario que el país comience a dimensionar y controlar la problemática en este sector (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005). Según el informe nacional de residuos o desechos peligrosos en Colombia, elaborado en el año 2017, la corporación autónoma que compete el departamento del Meta a excepción de las incluidas

## CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

en la jurisdicción de la Corporación para el desarrollo sostenible del norte y oriente amazónico (CDA) y CORPOORINOQUIA, indica que CORMACARENA genera 36.704 toneladas (7,5% a nivel nacional), del cual 732 es el número de generadores de Respel inscritos (aproximadamente un 27%). A partir de estos valores, 8.538 toneladas (20%) se dispone, 26.846 toneladas (64%) son tratadas y 6.631 toneladas (16%) son totalmente aprovechadas, realizando una gestión del 100% (IDEAM, 2018). Este estudio es analizando el sector industrial y demás actividad en una escala macro.

Es una problemática en una escala inferior a los diferentes estudios de residuos peligrosos generados en sectores industriales, salud, en la extracción de petróleo crudo, entre otras. Si bien, en un sector educativo se maneja un menor rango de sustancias químicas, pero no significa que la exposición del personal quien manipule estas sustancias esté exenta de cualquier eventualidad o reacción negativa. Además, la disposición final de estos residuos es relevante, una buena separación en la fuente de los residuos ayuda no sólo clasificarlos, sino también tener en cuenta aquellos reactivos que se pueden disponer en un sector que cumplan con los protocolos, o en su defecto, realizar el aprovechamiento de los residuos peligrosos evitando que aquellas sustancias líquidas se viertan directamente al desagüe, causando afectaciones altamente graves para el medio ambiente y a la salud humana.

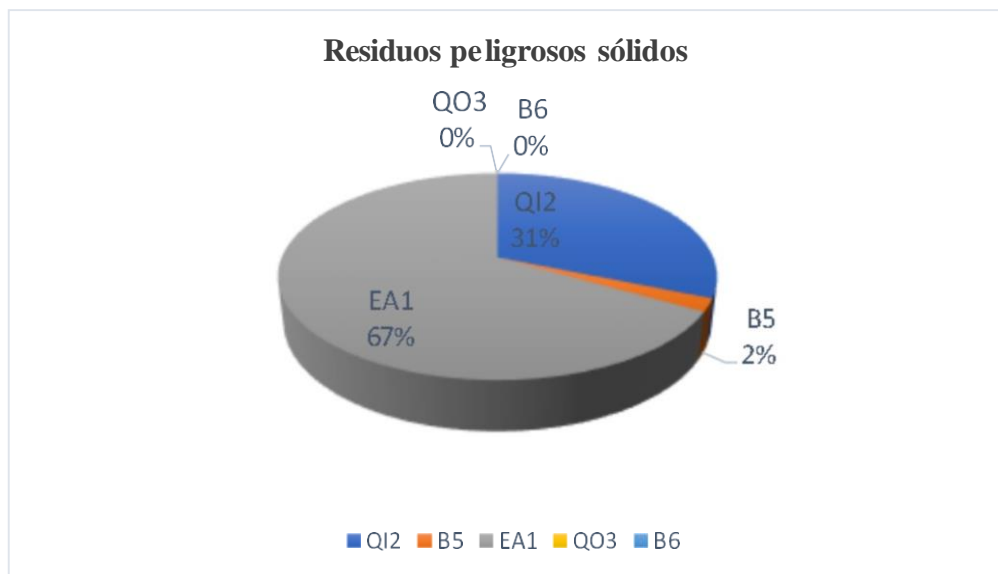
Una vez realizadas las pruebas de validación de las guías ya modificadas, se dio paso al cálculo estequiométrico de las sustancias químicas involucradas junto con su respectiva reacción, resaltando las cantidades mínimas que se manejan en las actividades de manera individual.

Para la ejecución de esta actividad se tuvo en cuenta el reactivo (nombre químico, y fórmula del compuesto químico y grado de pureza), la cantidad y sus unidades respectivas para la práctica tanto en la entrada como en la salida, visualizando el residuo peligroso que se genera junto con su concentración correspondiente.

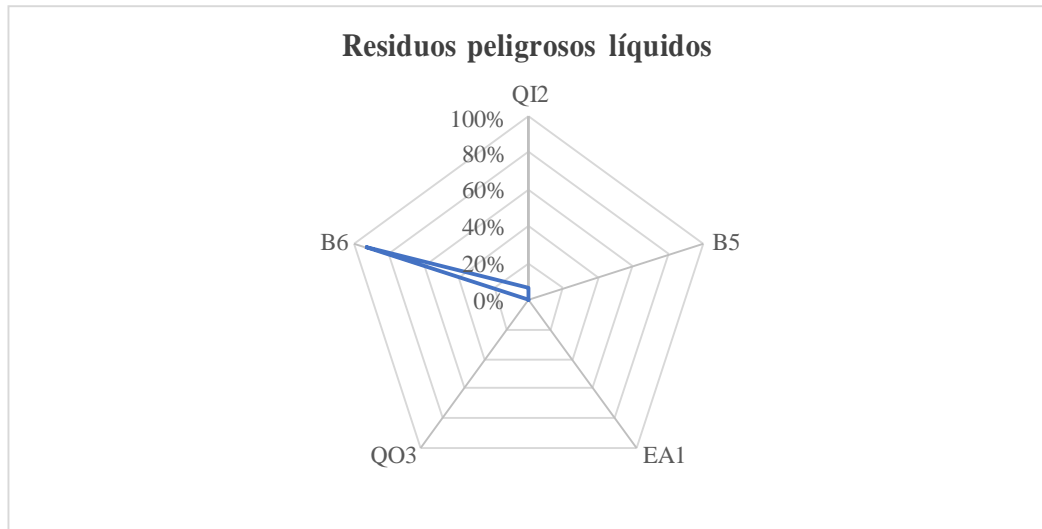
La generación de residuos peligrosos en instituciones educativas es menor a comparación de instituciones de salud o zona industrial, no obstante, es un tema importante para evaluar y comprender cuanto Respel se desarrolla a partir de una reacción “simple”, además se presentan una gran variedad de sustancias químicas, entre ellas metales pesados.

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

En cada procedimiento se realizó el respectivo cálculo de residuos peligrosos generados por guías, que se totalizó para obtener la cantidad exacta de residuos peligrosos generados por guías. En la Gráfica 4 se observa la estimación de Respel líquidos y sólidos respectivamente para las guías que se seleccionaron teniendo en cuenta aquellas sustancias altamente peligrosas; para el estudio en la cuantificación de residuos peligrosos, se observó que no todos generan restos sólidos y líquidos obligatoriamente, es por ello que las gráficas representadas evalúan que guía genera más sustancias, independiente de su estado final.



CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

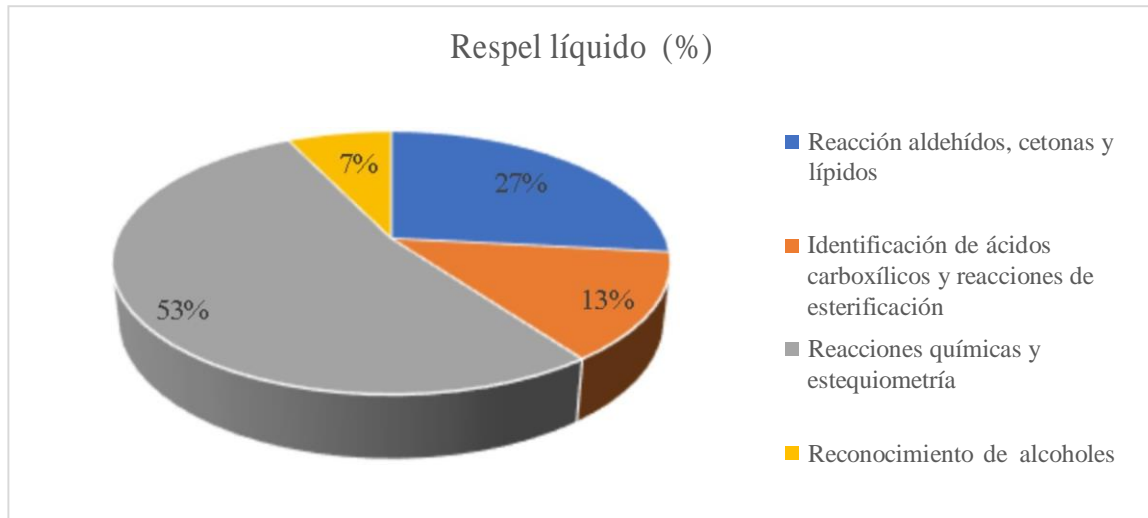


**Gráfica 4.** Residuo peligroso líquido y sólido total de las guías seleccionadas por la presencia de sustancias químicas altamente peligrosas en las actividades ya modificadas.

Por otra parte, las guías que se seleccionaron a partir del total de la peligrosidad y que superaban un valor de 100.000, se realizó el mismo procedimiento de las anteriores guías, visualizando el incremento de residuos peligrosos líquidos (Gráfica 5) y la mínima generación de residuos peligrosos sólidos ya que el valor total fue de 0,7 g de las guías seleccionadas. Aproximadamente el 99,4% de los residuos generados en la segunda clasificación de las guías es líquida, esto se debe al amplio manejo de procedimientos que se modificaron; a diferencia de la anterior selección, en estas guías se estudiaba cada procedimiento y tenía en cuentas aquellas actividades que manejaban sustancias altamente peligrosas.

La magnificación de los residuos líquidos generados, se presenta debido al momento de estudiar las guías minuciosamente y recordando los principios de la química verde, se buscó las diferentes alternativas para reemplazar aquel reactivo o actividad que provocara un alto peligro para la manipulación del personal.

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

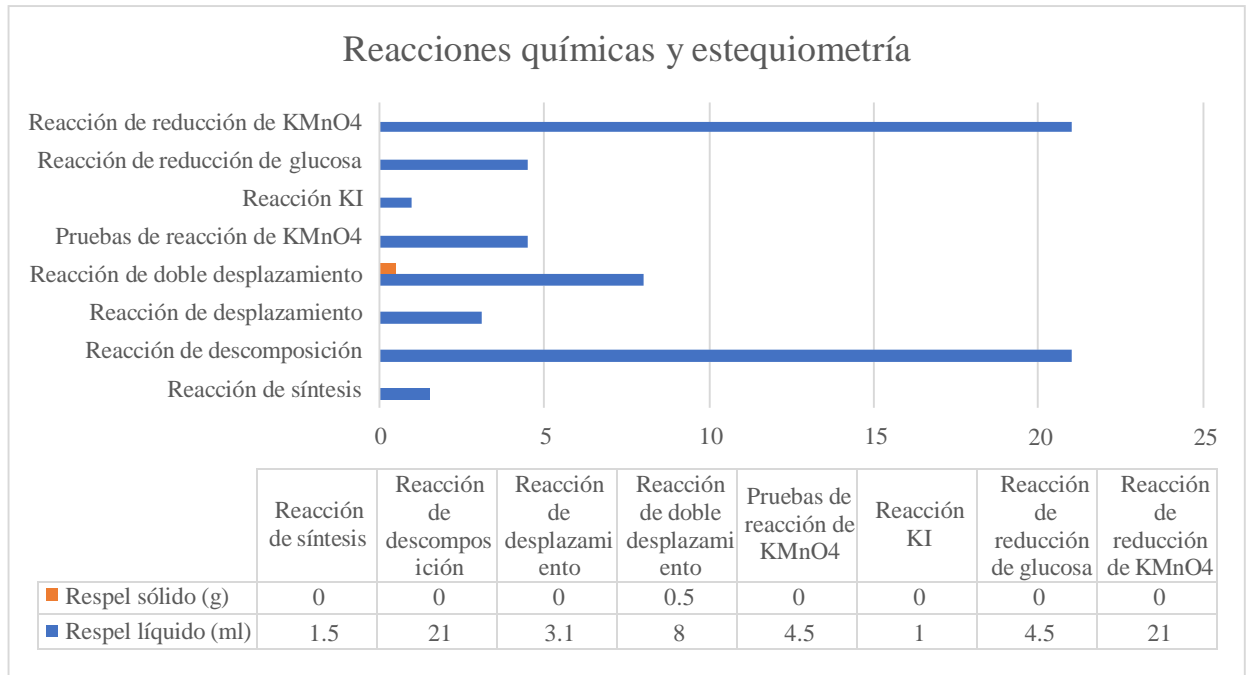


**Gráfica 5.** Guías seleccionadas por la totalidad de peligro que presenta, resaltando los Respel generados en las actividades ya modificadas. Fuente: Barbosa & Cuestas, 2019.

Así mismo, se identificó un alto porcentaje de uso y generación de residuos líquidos en la guía de reacciones químicas y estequiometría, esto se contempla al gran manejo de sustancias acuosas que se realiza en los diferentes procedimientos como se observa en la Gráfica 6.

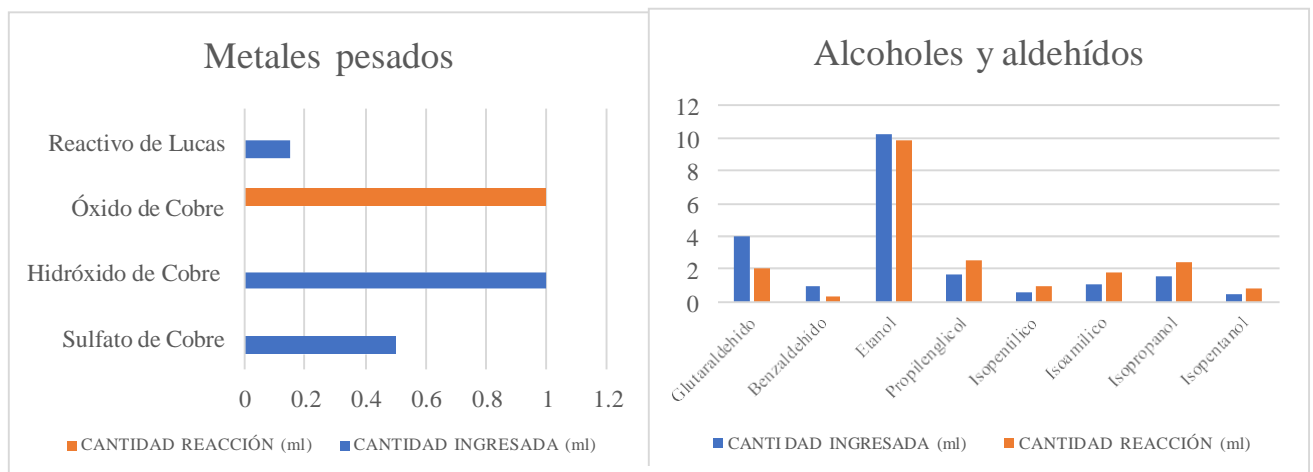
Como se contempla en la gráfica, el proceso de reacción de descomposición y reacción de reducción de Permanganato de Potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) son las actividades con mayor número de residuo líquido generado, esto se debe a la alta cantidad de agua destilada que se trabaja, más no de los reactivos, pues la cantidad es la adecuada y apta. Además, el agua que se maneja para los diferentes procedimientos se contempla debido al proceso a realizar; es decir, si hay la necesidad de implementar el método de calentar ciertas combinaciones en baño maría para observar la reacción generada. Los demás cálculos pertinentes a la generación de Respel se pueden observar en el Anexo 5 del presente documento.

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.



**Gráfica 6.** Respel generado en la guía de reacciones químicas y estequiometrías por procedimiento.

A partir del estudio anterior, se logró evidenciar la cantidad de metales pesados y alcoholes y aldehídos generados en las diez (10) guías estudiadas; teniendo en cuenta los procedimientos y los respectivos reactivos, se sumó las cantidades implementadas, mostrando el total de residuos



**Gráfica 7.** Estimación de residuos peligrosos (metales pesados y alcoholes y aldehídos).

## CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

generados. En la Gráfica 7 se observa que la cantidad de metales pesados generados es de 1 ml, este valor se considera en unidades volumétricas debido al manejo que se realizó según las prácticas.

Por otra parte, se calculó el valor total de alcoholes y aldehídos que se generan con la propuesta de las actividades; esta estimación es valorativa ya que se puede realizar un aprovechamiento del residuo líquido, estos residuos podrían ser aprovechados por empresas como Holcim por medio de proyectos de eco procesamiento crean combustibles alternativa partir de residuos peligrosos como fuente de energía y así sustituir el carbón durante sus procesos, la falta de empresas que utilicen estos residuos peligrosos en el Meta como materia prima es una pérdida de un mercado en potencia.

### CONCEPTO

Al aplicar las propuestas del presente estudio se disminuye en un 24 %, de los 320 peligros que originalmente se encontraban en las guías sin modificar fueron eliminados 78 peligros con la aplicación de química verde y trabajo en la microescala.

Con las nuevas 10 nuevas guías se establece alrededor de 242 peligros del cual puede ser controlados mediante el uso de los EPP a la hora de entrar al laboratorio. Peligros mutagénicos, cancerígenos y de toxicidad para la reproducción fueron eliminados a totalidad con las nuevas guías.

Con la aplicación de trabajo en la microescala en estas 10 guías, se obtuvieron resultados positivos al realizar la prueba de validación de cada guía en el laboratorio con los nuevos volúmenes (ml) y en masa (g) necesarios para satisfacer los resultados esperados al ejecutar cada guía. De manera general la disminución de uso de reactivos en estado líquido o solido se encuentra entre un 50% y 60 % al comparar el uso de reactivos en la guía original y la guía propuesta. Con esta reducción se prevé a futuro posibles impactos ambientales en fuentes hídricas, al suelo y a la comunidad que se encuentren en este o en zonas aledañas. Así mismo esta disminución de uso de reactivos químicos reducirá costos por parte de la

## CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

Universidad Santo Tomás a la hora de adquirir los insumos para los siguientes semestres académicos.

La falta de empresas en el departamento del Meta que utilicen los residuos peligrosos líquidos o sólidos para sus procesos entorpece la búsqueda de reincorporar dichos residuos como materia prima para la ejecución de otros procesos como fuente de energía, así misma la disposición final por parte de la empresa IMEC S.A.E.S.P certificada con lo establecido por normatividad colombiana dicha disposición, se está perdiendo de un mercado en potencia.

Se sugiere la aplicación del SGA, los principios de química verde y trabajo de la microescala en las guías de laboratorio de cada facultad donde se usen sustancias químicas o productos químicos, esto con el fin de determinar ciertamente los peligros al que se exponen los estudiantes, docente y trabajadores de la USTA. Al conocer estos peligros se deberá realizar su respectiva modificación para disminuir los peligros físicos, peligros para la salud en este caso se sugiere retirar o eliminar los peligros mutagénicos, cancerígenos o de toxicidad para la reproducción y por último los peligros para el medio ambiente. De esta manera se evitarán problemas a corto, mediano y largo plazo.

Se sugiere a la Coordinación de Laboratorios solicitar un uso más abierto de las sustancias químicas tales como el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico y permanganato de potasio, aunque la Resolución 0001 del 2015 controle y vigile dichas sustancias químicas, estas se necesitan para la realización de ciertos procedimientos donde su uso estricto para generar la respectiva reacción, sin embargo, la restricción obliga al docente a realizar el procedimiento con sustancias de mayor peligro. Por lo tanto, las sustancias mencionadas anteriormente en temas de peligros por el SGA son menos peligrosas que otras sustancias, en este caso se toma como ejemplo el ácido nítrico el cual fue usado como sustituto del ácido clorhídrico y sulfúrico aumentando los peligros en cada procedimiento donde este se esté usando, esto debido a su restricción.

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

BIBLIOGRAFÍA

- Altava, B., Burguete, M. I., & Luis, S. V. (7 de Febrero de 2013). Educación cooperativa en Química verde: Experiencia española. *Áreas emergentes de la educación química*, 1. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Anastas, P. T. (2012). *Fundamental changes to EPA's research enterprises: The Path Forward*. Environmental Science and Technology. Obtenido de <https://doi.org/10.1021/es203881e>
- Arias, A.; Suárez, O. ; Hoyos, M.C.; Montes, C. (2012). *Perfil Nacional de Sustancias Químicas en Colombia*. Bogotá: Nuevas Ediciones S.A.
- Barbosa, C. & Velásquez, J. (2020). *Actualización de las guías de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás de Villavicencio aplicando conceptos de química verde y trabajo en la microescala*. Trabajo de Grado. Villavicencio: Universidad Santo Tomás.
- Basilea, C. C., & Caribe, C. R. (08 de Agosto de 2020). *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos, SGA*. Obtenido de <http://ghs-sga.com/clasificacion-de-peligros-segun-sga/>
- Bertini, L. M., & Ciceron, D. S. (2009). Gestión de residuos generados en laboratorios de enseñanza de química en entidades universitarias con participación activa del alumnado. ResearchGate.
- Calvete, M. C. (2017). *Estrategia Nacional para la implementación del Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos-SGA-en Colombia (2016-2020)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Didactalia. (09 de 08 de 2020). *Didactalia.net*. Obtenido de Lluvia de oro: <https://didactalia.net/comunidad/materialeducativo/recurso/lluvia-de-oro/c6e59a44-b269-4b65-ac9f-70811a7063b9>
- Gómez, J. S. (2019). *Análisis en la implementación de la química verde en el desarrollo agrícola sostenible en Colombia. Tesis de grado*. Bogotá: Fundación Universidad de América.
- González, A., & Urzúa, C. (18 de Julio de 2012). *Experimentos químicos de bajo costo: un aporte desde la microescala*. Obtenido de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2786>

CONCEPTO TÉCNICO ACTUALIZACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE VILLAVICENCIO APLICANDO CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE Y TRABAJO EN LA MICROESCALA.

- Herrera, D.P. (2019). *Análisis de la peligrosidad de los reactivos usados en las prácticas de laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio. Tesis de Grado*. Villavicencio: Universidad Santo Tomás.
- Hoof, B. V., & Herrera, C. M. (31 de Octubre de 2007). *La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a13.pdf>
- IDEAM. (2018). *Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia, 2017*. Bogotá, D.C.
- Ingold, M., Dapuetto, R., Lopez, G. V., & Porcal, W. (2016). Una reacción multicomponente verde en el laboratorio de química orgánica. *Educación química*, 27 (1).
- Melgar, Á., Enriquez, C., Mendoza, G., Fernández, L., & Elorza, M. E. (2010). *Un clásico de Química Orgánica en microescala y con fricción: la reacción de Cannizzaro. Tesis de grado*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos*. Bogotá, D.C.: PANAMERICANA FORMAS E IMPRESOS.
- Molina, S. M. (2019). *Ampliación de la metodología de sustancias químicas considerando variables de salud ocupacional y sistema globalmente armonizado*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- OIUDSMA. (1995). ATA de Fundação da Organização Internacional de Universidades para o Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. Recuperado el 14 de 09 de 2019, de <http://www.oiudsma-nimad.ufpr.br/atadefundacao.doc>
- Oliveira, M. D. (2009). *Universidade e sustentabilidade: proposta de diretrizes e ações para uma universidade ambientalmente sustentável*. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Serrano, M. D. (2009). *Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente*. Universidad Iberoamericana. México, DF: Departamento de Ingeniería y Ciencias Químicas.
- Silveira, C. J., & Faria, S. G. (2018). *A Educação Ambiental: uma discussão reflexiva no Curso Técnico em Meio Ambiente na Escola de Ensino Médio Estadual Lemos Junior*. Relacult-Revista Latino Americana de Estudos em Cultura e Sociedade.
- Yount, L. (2014). *Antoine Lavoisier: genio de la química moderna*. Enslow Publishing, LLC.