



Evaluación del impacto ambiental de los vertimientos del laboratorio de química del Sena centro de gestión industrial en Bogotá y alternativas de mitigación

Juan Pablo Medina Rodríguez

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia
2019

Evaluación del impacto ambiental de los vertimientos del laboratorio de química del Sena centro de gestión industrial en Bogotá y alternativas de mitigación

Juan Pablo Medina Rodríguez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director:

PhD. Henry Reyes Pineda

Línea de Investigación:

Biosistemas Integrados

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Manizales, Colombia

2019

Agradecimientos

A Dios, por ser el inspirador, llenar de bendiciones mi vida y mostrarme el camino.

A mí madre, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ella he logrado llegar hasta aquí y ser lo que soy.

Mi profundo agradecimiento a las directivas del Centro de Gestión Industrial del SENA de la Regional Bogotá, por el apoyo incondicional para el desarrollo de este proyecto.

Sinceros agradecimientos al personal administrativo del laboratorio de química, los técnicos de laboratorio, Cesar Urrea y Paola Rivera, quienes me apoyaron en la recolección de la información.

A los instructores Rosben Ruiz y Giovanni Forero por sus valiosos aportes para el desarrollo de las estrategias de mitigación estructuradas en este proyecto.

Resumen

En el proyecto descrito a continuación se evalúan los impactos ambientales que tienen las actividades en el laboratorio de química, más allá del análisis del vertimiento, se busca establecer alternativas de mitigación que minimicen el impacto ambiental. Los laboratorios de química prestan servicios para la ejecución de prácticas de diferentes programas de formación y de aquí se parte para evaluar los reactivos peligrosos usados por cada especialidad y norma de competencia. No se cuenta con un manual de prácticas estandarizadas, no se conoce con exactitud la cantidad de prácticas que se hacen por cada trimestre, esto aumenta la generación de vertimientos y de residuos peligrosos que no se pueden caracterizar y que finalmente se disponen en un sistema de almacenamiento ineficiente y que no da respuesta a los residuos generados. Inicialmente en el proyecto se caracterizó las prácticas realizadas en un trimestre, se verifico los reactivos usados y la peligrosidad de los mismos, con el fin de evaluar su impacto y proponer alternativas de mitigación. Después de evaluar el impacto, dentro de las alternativas de mitigación propuestas están: la estandarización de las practicas por cada programa de formación, actualización de sistema de segregación, reemplazo de reactivos o cambio de prácticas y un programa de educación ambiental para los usuarios del laboratorio de química

Palabras clave: Residuos Químicos, Prácticas de laboratorio, Residuos peligrosos, laboratorio de química.

Abstract

In the project described below, the environmental impacts of the activities in the chemistry laboratory are evaluated. Beyond the analysis of the dumping, the aim is to establish mitigation alternatives that minimize the environmental impact. The chemistry laboratories provide services for the execution of practices of different training programs and from here we start to evaluate the dangerous reagents used by each specialty and competence standard. There is no manual of standardized practices, it is not known exactly how many practices are carried out for each quarter, this increases the generation of hazardous waste and discharges that cannot be characterized and that are finally available in a system of inefficient storage and that does not respond to the waste generated. Initially in the project, the practices carried out in a quarter were characterized, the reagents used and their dangerousness were verified, with the purpose of evaluating their impact and proposing mitigation alternatives. After evaluating the impact, among the proposed mitigation alternatives are: the standardization of practices for each training program, updating of the segregation system, replacement of reagents or change of practices and an environmental education program for laboratory users of chemistry.

Keywords: Chemical Residues, Laboratory Practices, Hazardous Waste, Chemistry Lab.

Contenido

Resumen	VII
Abstract	VIII
1. Planteamiento del problema	9
1.1 Contexto del problema	9
1.2 Principales problemas encontrados.....	10
1.3 Antecedentes del problema	10
1.4 Pregunta de investigación argumentada	12
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo General	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. Justificación	15
4. Marco teórico conceptual	17
4.1 Resolución 0631 de 17 de marzo de 2015.....	17
4.2 Decreto 4741 de 2005.....	18
4.3 NTC 5667	19
4.4 Sistema Globalmente Armonizado. SGA	21
4.5 Clase alemana de peligro para el agua (WGK).....	21
5. Metodología	23
5.1 Tipo de Investigación	23
5.2 Categorías de Análisis:	23
5.3 Población y Muestra o Unidad de Análisis y Unidad de Trabajo.	23
5.4 Ciclo o etapas de la investigación	24
5.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	27
5.6 Ajuste de técnica con base en los resultados de la prueba piloto (premuestreo) 28	
5.7 Responsable de aplicación de la técnica.	29
5.8 Sujetos o muestra a quien se aplica la técnica.	30
5.9 Tiempo de aplicación de la prueba piloto y de la técnica.....	31
5.10 Lugar de aplicación.....	32
5.11 Registro de ejecución.....	32
5.12 Registro de mortandad en la aplicación y los motivos.....	34
6. Resultados y Análisis	35
6.1 Encuesta: “prácticas de laboratorio”	35
6.2 Caracterización de los vertimientos del laboratorio.....	1

6.3	Identificación de peligros e impactos de las sustancias utilizadas en el laboratorio de química del Sena centro de gestión industrial.	4
6.4	Entrevista semiestructurada a usuarios del laboratorio	49
6.5	Caracterización de residuos peligrosos.....	58
7.	Evaluación del impacto ambiental.....	62
7.1	Identificación de aspectos e impactos ambientales	62
8.	Estrategias de mitigación.....	65
8.1	Estandarizar prácticas de laboratorio.	65
8.2	Minimizar el uso de reactivos peligrosos y/o contaminantes en las prácticas de laboratorio.	75
8.3	Actualizar procedimiento de segregación de residuos peligrosos.....	82
8.4	Estrategia de educación ambiental.....	98
8.5	Química verde	99
9.	Conclusiones y recomendaciones.	101
9.1	Conclusiones.....	101
9.2	Recomendaciones.....	102

Lista de figuras

	Pág.
Figura 5-1 EIA Y Procesos De Transformación Del Medio Ambiente.	26
Figura 6-1 Número de prácticas por programa de formación.....	35
Figura 6-2 usuarios del laboratorio Entrevistados	49
Figura 6-3 Respuestas procedimiento de laboratorio	50
Figura 6-4 Gráfico Conocimiento Procedimientos RESPEL	50
Figura 6-5 Grafico Evaluación Procedimiento de manejo de residuos.....	51
Figura 6-6 Grafico respuestas conocimiento redes de vertimientos.	52
Figura 6-7 Grafico conocimiento Inventarios RESPEL	52
Figura 6-8 Grafico conocimiento del plan de manejo ambiental.....	54
Figura 6-9 Grafico Generación de Residuos peligrosos	61
Figura 7-1 Generación de Impactos de las actividades de formación.....	65

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1-1 Ubicación del SENA, Centro de Gestión Industrial.....	5
Ilustración 1-2 Fotografía Laboratorio Química.....	7
Ilustración 1-3 Fotografía laboratorios de Química 2.....	8
Ilustración 6-1 Fotografía desagüe punto de muestreo.....	2
Ilustración 6-2 Plano Laboratorio de química general.....	2
Ilustración 8-1 Fotografía RESPEL Laboratorio de Química.....	82
Ilustración 8-2 Etiqueta RESPEL.....	83

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 4-1 Valores límites máximos permisibles.[1].....	17
Tabla 4-2 Valores límites máximos permisibles (Continuación) [1].....	18
Tabla 4-3 Directrices para la preservación y conservación de muestras [2]	19
Tabla 4-4 Directrices para la preservación y conservación de muestras (Continuación)..	20
Tabla 5-1 Categorías de Análisis.....	23
Tabla 5-2 Descripción de variables	23
Tabla 5-3 Formato inventario de residuos peligrosos	28
Tabla 5-4 Ajuste de Técnicas e Instrumentos de recolección de información.	29
Tabla 5-5 responsables de aplicación de técnicas.	30
Tabla 5-6 Sujetos o muestras.....	31
Tabla 5-7 Tiempo de aplicación de la prueba piloto y de la técnica.	31
Tabla 5-8 Lugar de aplicación de cada instrumento.	32
Tabla 5-9 Registro de ejecución.....	33
Tabla 6-1 Reactivos consumidos durante 1 trimestre.....	36
Tabla 6-2 Cantidad gastada de reactivos por especialidad.....	40
Tabla 6-3 Nombre de prácticas que usan reactivos muy contaminantes del agua WGK	342
Tabla 6-4 Consumo de reactivos por práctica de la especialidad Control Ambiental	44
Tabla 6-5 Consumo de reactivos por práctica de la especialidad Química Aplicada.	46
Tabla 6-6 Consumo de reactivos por práctica de la especialidad Procesos de la Industria Química.....	48
Tabla 6-7 Consumo de reactivos por práctica de la especialidad Técnico en Análisis de Muestras Químicas.	50
Tabla 6-8 Resultados de análisis físico-químicos de los vertimientos de los laboratorios del Centro de gestión Industrial del SENA.....	3
Tabla 6-9 Impacto ambiental de los reactivos más usados en las prácticas.	6
Tabla 6-10 Sustancias Peligrosas más Comunes	47
Tabla 6-11 Inventario de residuos peligrosos generados en el laboratorio.....	59
Tabla 7-1 Identificación de aspectos e impactos ambientales.	63
Tabla 8-1 Prácticas de laboratorio propuestas para la norma de competencia analizar muestras según procedimientos implementados por el laboratorio.	69
Tabla 8-2 Prácticas de laboratorio propuestas para la norma de competencia realizar actividades de alistamiento en el laboratorio químico.....	71
Tabla 8-3 Prácticas de laboratorio propuestas para la norma de competencia asegurar la calidad de los ensayos desarrollados en el laboratorio de acuerdo con procedimientos definidos por la empresa.....	72
Tabla 8-4 Sustancias recomendadas para uso mínimo y/o reemplazo.....	75
Tabla 8-5 Clasificación RESPEL Actual.....	84
Tabla 8-6 Sustancias que no tienen peligro para los cuerpos de agua.....	84
Tabla 8-7 Ejemplo de Reactivos usados en algunas prácticas de laboratorio.....	87

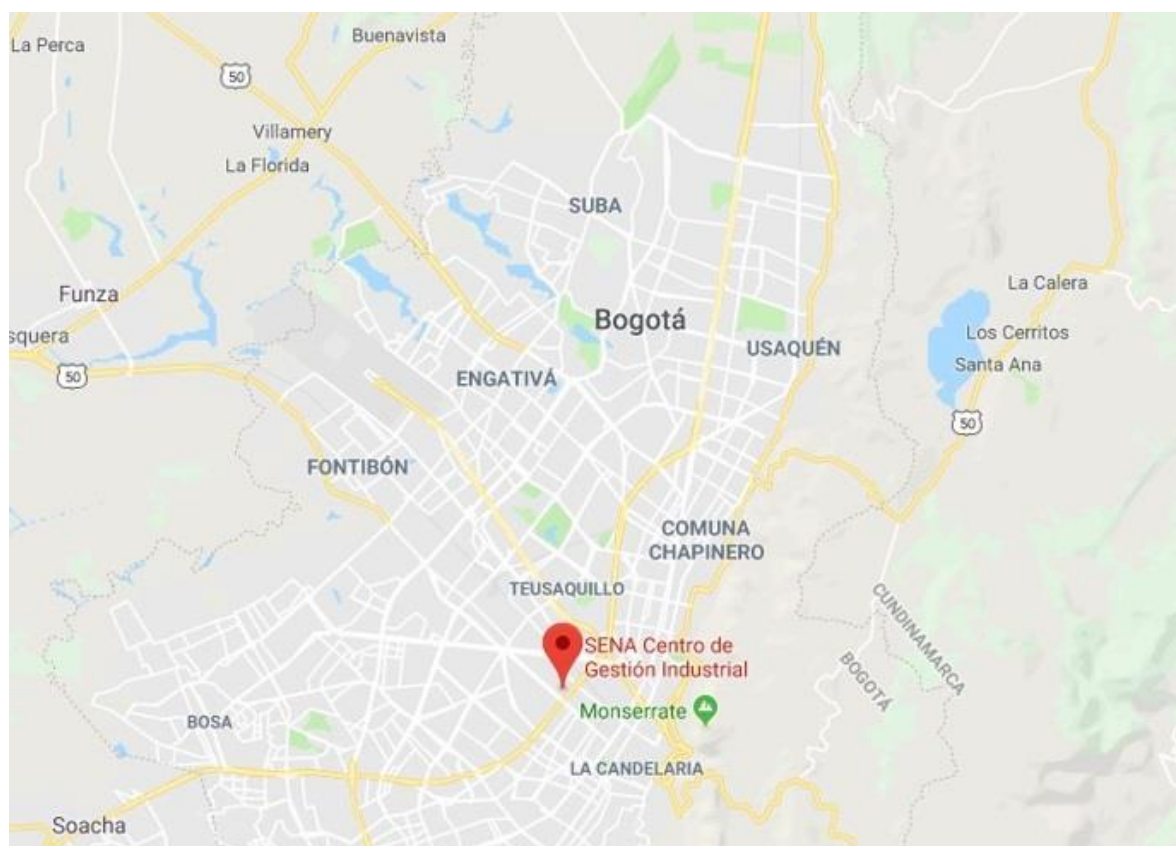
Tabla 8-8 Tipos de Eliminación de residuos según sustancia química. [8].....	88
Tabla 8-9 Clasificación RESPEL Propuesta	94

Introducción

Los laboratorios de química del SENA están ubicados en el 5to piso de la torre occidental del Centro de Gestión Industrial en la ciudad de Bogotá. Este centro de formación se encuentra en el complejo de Paloquemao en la calle 15 # 31-42.

Los laboratorios son utilizados para docencia en los diferentes niveles de cualificación profesional, realizan prácticas de laboratorio de varias áreas con el fin de fortalecer las competencias de los estudiantes en el análisis físico-químico.

Ilustración 1-1 Ubicación del SENA, Centro de Gestión Industrial.



Fuente: Google maps.

El SENA oferta los siguientes programas académicos de nivel técnico y tecnológico:

1. Técnico en análisis de muestras químicas
2. Tecnología en química aplicada a la industria
3. Tecnología en Control Ambiental.
4. Tecnología en procesos de la industria química.

Cada programa de formación realiza prácticas de laboratorio de diferentes normas de competencia que hacen parte de los diseños curriculares de esta entidad.

Las áreas temáticas que están relacionadas en estas normas de competencia laboral son química analítica, química instrumental, análisis cualitativo y cuantitativo de diferentes matrices. En cada una de estas áreas se realizan procedimientos de laboratorio que producen residuos químicos peligrosos, algunos vertidos al alcantarillado y algunos segregados con un obsoleto programa de manejo de residuos peligrosos.

El laboratorio objeto de este estudio está ubicado en un quinto piso y tiene capacidad para 120 aprendices. A pesar de que la institución consta con equipos de análisis químico con tecnología de vanguardia, no se ha realizado la caracterización de los vertimientos, ni tampoco se ha evaluado el sistema de segregación de los residuos peligrosos, y no se cuenta con un procedimiento de lavado de los materiales de laboratorio expuestos al contacto de sustancias químicas.

Ilustración 1-2 Fotografía Laboratorio Química.



Fuente: Fotografía del autor. (Bogotá 2018)

La formación que se imparte en el SENA es teórico-práctica y es la industria quien reconoce la calidad de los aprendices del SENA por su excelente desempeño en las funciones y competencias asociadas al análisis químico.

El uso de reactivos químicos trae consigo la generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos y la disposición de residuos en algunos casos se hace como vertimiento a redes de alcantarillado y en otros se almacena en recipientes para su disposición final.

Ilustración 1-3 Fotografía laboratorios de Química 2.



Fuente: Fotografía del autor. (Bogotá 2018).

Los reactivos que se utilizan tienen diferentes propiedades de peligrosidad como corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y sus residuos pueden tener estas mismas características de peligrosidad.

Los residuos de estos productos generan impactos negativos por el vertimiento que pueden exceder las concentraciones permitidas por la normatividad colombiana de vertimientos sobre cuerpos de agua.

Las actividades de laboratorio se realizan diariamente aportando a la huella ecológica sobre el medio ambiente.

El Servicio nacional de Aprendizaje SENA cuenta con una política ambiental aprobada por el Consejo Directivo Nacional mediante Acuerdo 0007 de 2016, donde se compromete a realizar control de las emisiones, los vertimientos y residuos generados al interior de la Entidad. Política que aún no ha dado alcance a los centros de formación.

Por lo antes expuesto, se buscan alternativas de mitigación del impacto ambiental de las actividades del laboratorio de química.

1. Planteamiento del problema

El desarrollo de prácticas en los laboratorios de química del SENA del centro de gestión Industrial, conlleva al uso de reactivos y productos químicos con características de peligrosidad y contaminante del recurso hídrico. Las actividades desarrolladas por los instructores y alumnos se realizan tratando de evitar los vertimientos de estas sustancias a la cañería. Las sustancias que consideran peligrosas son segregadas para su posterior tratamiento y eliminación, sin embargo, en muchas de las ocasiones el procedimiento es incierto y genera confusión al momento de hacer la segregación.

1.1 Contexto del problema

Los programas de formación tecnológicos de química aplicada a la industria y control ambiental, desarrollan la gran mayoría de prácticas y aunque en el diseño curricular se cuenta con asignaturas de manejo ambiental, no se aplica al laboratorio que no cuenta con un plan de manejo ambiental.

El laboratorio tiene un sistema de control de materiales y reactivos, sin embargo, no hay un estudio del consumo histórico de reactivos y tampoco existe o se contabiliza cuántos residuos se producen de cada una de las prácticas.

El tipo de formación que imparte el SENA es formación por competencias y el modelo pedagógico es formación por proyectos. La formación por proyectos contribuye al desarrollo cognitivo y procedimental de los estudiantes, sin embargo, al cambiar de proyectos el consumo de los reactivos no se puede estandarizar, ya que cada proyecto utiliza diferentes reactivos, lo que hace la estimación de consumo y de residuos compleja.

En Colombia, la mayoría de laboratorios de ensayo y de prácticas de enseñanza media y superior no identifican y cuantifican sus RESPEL (Residuos Peligrosos), no revisan las posibilidades para la valoración y reutilización de los mismos y no cuentan con sistemas de tratamiento para sus desechos (Ministerio de Ambiente, 2005).

Según Benítez, Ruíz, Obando, Miranda y Gil (2013) “entre los generadores de residuos peligrosos se encuentran las universidades que utilizan en sus laboratorios de enseñanza

diferentes sustancias químicas con el propósito de brindar al estudiantado las bases necesarias para adquirir conocimientos adecuados en su formación profesional. Estas sustancias químicas, al ser utilizadas en las diferentes prácticas, se convierten en residuos químicos que pueden ser nocivos para el medio ambiente y la salud humana.” (p 64).

1.2 Principales problemas encontrados

Se identificaron los siguientes problemas:

- Falta de Procedimientos documentados sobre manejo de reactivos y residuos de laboratorio.
- No se han evaluado los posibles impactos ambientales que están generando los el procedimiento actual de manejo y uso de los laboratorios.
- La clasificación existente para los residuos generados en las prácticas, es obsoleta y en varias ocasiones se segregan residuos incompatibles dentro del mismo contenedor.
- Las prácticas de laboratorio usan reactivos altamente peligrosos para el medio ambiente.
- No se realiza tratamiento, ni inactivación de los residuos, solo se almacenan.

1.3 Antecedentes del problema

Los estudios realizados en el tema vertimientos de laboratorios de química dedicados a la docencia encontrados en los repositorios:

Según Gama Chávez, Lozano García, Narváez Rincón y Suárez Medina (2010) en el artículo con título: “Plan de manejo ambiental del laboratorio de ingeniería química (Ia) de la universidad nacional de Colombia, sede Bogotá.” Aunque en este estudio el objeto es la elaboración del plan de manejo ambiental, también menciona la importancia de la clasificación para los residuos y el procedimiento de disposición, cuyo procedimiento en la entidad objeto de estudio se evaluara para verificar su pertinencia y riesgo asociado. También se utiliza este referente para realizar la evaluación del impacto ambiental, listando

las actividades desarrolladas en el laboratorio, identificando aspectos ambientales, determinando los impactos para posteriormente recoger la información y determinando la significancia de los impactos ambientales.

Berrio, Beltrán, Agudelo Y Cardona, (2012), en su estudio titulado “Sistemas De Tratamiento Para Residuos Líquidos Generados En Laboratorios De Análisis Químico” revisan las diversas tecnologías de tratamientos y sus eficiencias de remoción, con el fin de establecer criterios para seleccionar el sistema y las variables adecuadas que permitan el cumplimiento de los objetivos de investigación y la sostenibilidad ambiental, se evidencia el alto impacto que tiene las actividades de los laboratorios de análisis y la importancia que tiene caracterizar los vertimientos y proponer alternativas para minimizar el impacto del uso de productos químicos y la generación de residuos de los mismos. (pp 113-124).

Benavides, Vargas, Chaves y Rodríguez,(2012) en un tercer estudio titulado: “Hacia una gestión de reactivos y residuos químicos en los laboratorios de docencia de la escuela de química en la universidad nacional” cuyos publicada en la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, los autores indican la importancia de la gestión de residuos y vertimientos de los laboratorios enfocados en la química verde, indicando que este proceso se debe realizar de manera específica a cada laboratorio ya que el diagnóstico inicial entregara los lineamientos para proponer las alternativas para el manejo de los productos químicos que finalmente causara una respuesta favorable en el impacto de los vertimientos. 26(1-2), (65-73)

Los estudios evidencian la necesidad de caracterizar los vertimientos y los residuos peligrosos por la particularidad de cada laboratorio.

Bavativa, (2015), en su estudio titulado: “Evaluación de buenas prácticas en laboratorio de docencia universitaria” menciona: “Las buenas prácticas en laboratorios de docencia permiten a través de una serie de alternativas mitigar los impactos negativos a la salud y el medio ambiente que se derivan de la actividad practica en los laboratorios educativos” en este estudio el autor realiza un análisis de la problemática ambiental que causa esta actividad de las instituciones de formación de programas que usan laboratorios, así como los residuos peligrosos que se producen y los tipos de residuos. También habla sobre las buenas prácticas| de laboratorio y el manejo eficiente de residuos como alternativas como alternativas de mitigación y disminución de impactos ambientales negativos. (pp 6).

1.4 Pregunta de investigación argumentada

En las prácticas de laboratorio de química del SENA Centro de Gestión Industrial se utilizan reactivos químicos como actividad de aprendizaje de competencias técnicas en los programas de formación.

La formación que se imparte en el SENA es teórico-práctica y es la industria quien reconoce la calidad de los aprendices del SENA por su excelente desempeño en las funciones y competencias asociadas al análisis químico.

A pesar de ser los laboratorios aulas de vital importancia para la formación académica de los estudiantes, es también el principal generador de residuos peligrosos en los centros universitarios, por la naturaleza de las sustancias y reactivos químicos necesarios para el desarrollo de las prácticas experimentales. Sumado a esto “por sus diferentes modalidades en las operaciones, se producen residuos de variadas composiciones y concentraciones” (Ramos Alvariño, Espinosa Lloréns, López Torres, & Pellón Arrechea, 2005).

El uso de reactivos químicos trae consigo la generación de residuos peligrosos y/o no peligrosos y la disposición de residuos en algunos casos se hace como vertimiento a redes de alcantarillado y en otros se almacena en recipientes para su disposición final.

Los reactivos que se utilizan tienen diferentes propiedades de peligrosidad como corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y sus residuos pueden tener estas mismas características de peligrosidad.

Los residuos peligrosos como afirma Bavativa (2015) que cita a (Galván Meraz & Bautista Andalon, 2010) “son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad; como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.”

Los residuos de estos productos generan impactos negativos por el vertimiento que pueden exceder las concentraciones permitidas por la normatividad colombiana de vertimientos sobre cuerpos de agua.

Las actividades de laboratorio se realizan diariamente aportando a la huella ecológica sobre el medio ambiente.

El Servicio nacional de Aprendizaje SENA cuenta con una política ambiental aprobada por el Consejo Directivo Nacional mediante Acuerdo 0007 de 2016, donde se compromete a realizar control de las emisiones, los vertimientos y residuos generados al interior de la Entidad. Política que aún no ha dado alcance a los centros de formación.

Por lo antes expuesto, en este contexto, es que es necesario responder la siguiente pregunta:

¿QUÉ ESTRATEGIAS SE PUEDEN PROPONER PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS VERTIMIENTOS GENERADOS EN LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE QUÍMICA DEL CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Evaluar los impactos ambientales de los vertimientos del laboratorio de química del SENA centro de gestión industrial en Bogotá y alternativas de mitigación.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar la problemática ambiental causada por los vertimientos del laboratorio de química.
- Reconocer los reactivos y/o prácticas de laboratorio con alto impacto ambiental.
- Examinar el procedimiento de segregación de los residuos del laboratorio con base en el programa de manejo de residuos peligrosos de la entidad.
- Determinar estrategias para minimizar el impacto del uso de productos químicos en los laboratorios de química que cumplan con la sostenibilidad ambiental.

3. Justificación

La actividad específica desarrollada en los laboratorios de química es el análisis fisicoquímico, y esta actividad hace parte del área temática de varios programas de formación. En el contexto profesional es reconocido que toda actividad que utilice reactivos y productos químicos genera un impacto ambiental significativo, cuando sus procesos no se realizan con base en la sostenibilidad ambiental.

Con el fin de garantizar la calidad de los ensayos, en ocasiones se disponen y desperdician estos reactivos, no solamente en esta institución si no en cualquier laboratorio local o nacional que realice experimentación y análisis químico.

El análisis químico es determinante para garantizar la calidad de alimentos, fármacos, productos agroindustriales entre otros, esa actividad generalmente produce vertimientos de sustancias peligrosas a los recursos hídricos. El cumplimiento de la normativa sobre buenas prácticas de laboratorio, no da el alcance para garantizar la mitigación de este impacto.

Según el compendio estadístico educación superior colombiana publicado por el Ministerio De Educación Nacional (2016), existen 9 programas de nivel tecnológico y 27 programas de nivel universitario del núcleo básico del conocimiento de Química y afines.

Todas estas instituciones realizan diferentes procedimientos de laboratorio, que varían dependiendo de programa de formación, proyecto formativo y proyectos de investigación, esto hace que las estrategias de mitigación sean específicas para cada institución, basado en métodos estándar, pero particularizados según las necesidades de cada laboratorio.

El proyecto se enfocará en el estudio de los vertimientos del laboratorio de química del centro de Gestión Industrial y en las estrategias para mitigar el impacto al medio ambiente de los mismos, y de esta cumplir con la política institucional ambiental aprobada por el Consejo Directivo Nacional del SENA mediante Acuerdo 0007 de 2016.

Así mismo, se busca minimizar el impacto con estrategias que cumplan con la sostenibilidad ambiental, dando respuesta a la normativa nacional de prevención y manejo de residuos peligrosos, disposiciones del uso del agua y manejo de vertimientos.

El estudio que se llevó a cabo servirá de referente para que las instituciones de educación y los demás centros de formación del SENA que usen productos químicos en sus laboratorios, puedan proponer estrategias de mitigación del impacto ambiental, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y a la minimización de los siguientes impactos

específicos: la afectación a la salud del ser humano, la contaminación de los suelos, generación de gases de invernadero, calentamiento global y al deterioro en los cuerpos de agua.

La evaluación del impacto ambiental del uso de productos químicos del laboratorio de química del SENA del centro de gestión industrial tiene como objetivo proporcionar opciones de mejora en la disposición final de sustancias químicas, hecho que impacta directamente en el manejo ambiental de estos desechos y ayuda a construir la cultura y educación ambiental entre los usuarios del laboratorio, mejorando la calidad de vida de la comunidad académica y al final en la misma localidad de Bogotá, contribuyendo a disminuir la carga contaminante de los vertimientos producidos en el laboratorio.

Las alternativas de mitigación buscan contribuir al desarrollo de las actividades sostenibles del laboratorio de química, con la satisfacción de aportar a la misión de la institución en cuanto a la formación profesional, contribuyendo al desarrollo del país, generando crecimiento personal y profesional de los habitantes de la localidad, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras.

4. Marco teórico conceptual

Para el desarrollo del proyecto es necesario tener en cuenta la normatividad legal existente, ya que esta nos da el referente normativo:

4.1 Resolución 0631 de 17 de marzo de 2015

Esta resolución establece los valores límites permisibles para los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales, esta es la fuente de referencia para comparar la caracterización de los vertimientos del laboratorio de química del SENA centro de gestión industrial, en la tabla 4-1 se muestran los parámetros permisibles de acuerdo a la normatividad vigente.

Tabla 4-1 Valores límites máximos permisibles.[1]

PARÁMETRO	UNIDADES	VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
Generales		
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	150,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	50,00
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	50,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	ml/L	1,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L	Análisis y Reporte
Fenoles Totales	mg/L	0,20
Formaldehído	mg/L	Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte
Hidrocarburos		
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	10,00
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y Reporte
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo		
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno		
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amiacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte
Iones		
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L	0,10
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	250,00

Fuente: Resolución 0631 de 17 de marzo de 2015

Tabla 4-2 Valores límites máximos permisibles (Continuación) [1]

PARÁMETRO	UNIDADES	VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
Fluoruros (F ⁻)	mg/L	5,0
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	250,0
Sulfuros (S ²⁻)	mg/L	1,00
Metales y Metaloides		
Aluminio (Al)	mg/L	Análisis y Reporte
Antimonio (Sb)	mg/L	0,30
Arsénico (As)	mg/L	0,10
Bario (Ba)	mg/L	1,00
Berilio (Be)	mg/L	Análisis y Reporte
Boro (Bo)	mg/L	Análisis y Reporte
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01
Cinc (Zn)	mg/L	3,00
Cobalto (Co)	mg/L	0,10
Cobre (Cu)	mg/L	1,00
Cromo (Cr)	mg/L	0,10
Estaño (Sn)	mg/L	2,00
Hierro (Fe)	mg/L	1,00
Litio (Li)	mg/L	Análisis y Reporte
Manganeso (Mn)	mg/L	Análisis y Reporte
Mercurio (Hg)	mg/L	0,002
Molibdeno (Mo)	mg/L	Análisis y Reporte
Níquel (Ni)	mg/L	0,10
Plata (Ag)	mg/L	0,20
Plomo (Pb)	mg/L	0,10
Selenio (Se)	mg/L	0,20
Titanio (Ti)	mg/L	Análisis y Reporte
Vanadio (V)	mg/L	1,00
Otros Parámetros para Análisis y Reporte		
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Color Real Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm.	m ⁻¹	Análisis y Reporte

Fuente: Resolución 0631 de 17 de marzo de 2015

La caracterización de las muestras de agua residual del laboratorio de química del SENA se realizó cumpliendo con las normas de muestreo y técnicas de preservación y conservación de muestras, garantizando la idoneidad de los resultados que se obtengan experimentalmente.

4.2 Decreto 4741 de 2005

Las actividades del laboratorio de química específicamente el desarrollo de prácticas de laboratorio genera residuos peligrosos, el manejo ambiental y sostenible de estos residuos está reglamentado por el decreto 4741 de 2005.

Por el cual se reglamentan parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. El objeto del decreto 4741 de 2005 es la prevención de la generación de residuos peligrosos, así como regular

el manejo de los mismos con el fin de proteger la salud humana y el ambiente; las disposiciones se aplican en el territorio nacional a las personas que generen, gestionen o manejen residuos o desechos peligrosos, razón por la cual los laboratorios de docencia deben dar cumplimiento a las disposiciones que allí se exponen. (Decreto 4741, 2005)

Un residuo o desecho peligroso es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. (Decreto 4741, 2005).

4.3 NTC 5667

Se tendrá de referente la **NTC 5667**: Calidad del agua, directrices para planes de muestreo y las directrices para la preservación y conservación de muestras, tal como puede verse en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3 Directrices para la preservación y conservación de muestras [2]

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente ^a	Volumen típico (ml) y técnica de llenado ^b	Técnica de preservación	Tiempo de preservación máximo recomendado antes del análisis, después de preservación	Comentarios
Acidez y alcalinidad	P o V	500 Llenar completamente el recipiente para extraer el aire	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	24 h	14 d ^c Las muestras se deberían analizar preferiblemente en campo. (Particularmente para muestras con un contenido alto de gases disueltos). La reducción y oxidación durante el almacenamiento pueden cambiar la muestra.
Aceite y grasa	V lavado con solvente	1 000	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄ ó HCl	1 mes	
Aluminio	P lavado en ácido V o VB lavado en ácido	100	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes	

Fuente: NTC 5667

Tabla 4-4 Directrices para la preservación y conservación de muestras (Continuación).

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente ^a	Volumen típico (ml) y técnica de llenado ^b	Técnica de preservación	Tiempo de preservación máximo recomendado antes del análisis, después de preservación	Comentarios
Amoníaco, libre e ionizado	P o V	500	Acidificar a pH entre 1 y 2 con H ₂ SO ₄ , dejar enfriar entre 1 °C y 5 °C	21 d	Filtrar en el sitio antes de preservación
	P	500	Congelar a -20 °C	1 mes	
Aniones (Br, F, Cl, NO ₂ , NO ₃ , SO ₄ y PO ₄)	P o V	500	Enfriar entre 1 °C a 5 °C	24 h	Filtrar en el sitio antes de preservación. Véase la norma ISO 10304-1.
	P	500	Congelar a -20 °C	1 mes	
Antimonio	P lavado en ácido V lavado en ácido	100	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HCl o HNO ₃	1 mes	Se debería usar HCl si se usa la técnica de hidruro para el análisis
Arsénico	P lavado en ácido V lavado en ácido	500	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HCl o HNO ₃ [*]	1 mes	Se debería utilizar HCl si se usa la técnica de hidruro para el análisis.
Bario	P lavado en ácido o VB lavado en ácido	100	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes	No usar H ₂ SO ₄
Berilio	P lavado en ácido o V lavado en ácido	100	Acidificar a pH entre 1 y 2 con HNO ₃	1 mes	
Bifenilos policlorados (PCB)	V lavado con solvente, con revestimiento de la tapa en PTFE	1 000 No preenjuagar el recipiente con la muestra No llenar completamente el recipiente de la muestra	Enfriar entre 1 °C y 5 °C	7 d	En donde sea práctico, haga la extracción en el sitio. Si la muestra está clorada, por cada 1 000 ml de muestra agregar 80 mg de Na ₂ S ₂ O ₃ 5H ₂ O al recipiente antes de la recolección de la muestra

4.4 Sistema Globalmente Armonizado. SGA

El Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos (SGA o GHS por sus siglas en inglés) establece criterios armonizados para clasificar sustancias y mezclas con respecto a sus peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente. Incluye además elementos armonizados para la comunicación de peligros, con requisitos sobre etiquetas, pictogramas fichas de seguridad. Los criterios establecidos en el SGA se basan en lo descrito en un documento denominado Libro Púrpura.[3]

El SGA aplica a todos los productos químicos, excepto aquellos productos que están regulados a través de sus propias leyes o reglamentos, éstos son: productos farmacéuticos, aditivos alimentarios, artículos cosméticos y residuos de plaguicidas en alimentos.[3]

El público al que está dirigido el Sistema son los consumidores de los productos químicos, los trabajadores relacionados al sector transporte y los que brindan servicios de emergencia. [3]

El SGA comprende los siguientes elementos:

- Criterios armonizados para clasificar sustancias y mezclas con arreglo a sus peligros medioambientales, físicos y para la salud.
- Elementos armonizados de comunicación de peligros, con requisitos sobre etiquetas y fichas de datos de seguridad.

Para evaluar el impacto ambiental del uso de productos químicos en las prácticas de laboratorio se utilizará el sistema globalmente armonizado séptima revisión.

4.5 Clase alemana de peligro para el agua (WGK)

La Clase alemana de peligro para el agua (WGK, por sus siglas en inglés) también se conoce como German Water Endangerment Class. Esta clasificación se usó para identificar el impacto ambiental de las sustancias usadas en las prácticas de laboratorio, la Clase de Riesgo de Agua (WGK) de una sustancia o mezcla debe ser determinada, comunicada y documentada. [4]

Hay tres clases de riesgo de agua (WGK).

1: poco peligro para las aguas;

2: peligro para las aguas;

3: grave peligro para las aguas;

La clasificación de las sustancias se evalúa con respecto de las indicaciones de peligro o frases H, los puntos de evaluación basados en peligros + puntos de precaución, esto da un puntaje que clasifica la sustancia en WGK 1,2 o 3. [4]

TEP (0 ~ 4): WGK 1

TEP (4-8): WGK 2

TEP (> 8): WGK 3

5. Metodología

5.1 Tipo de Investigación

El proyecto de tiene un enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación descriptiva y analítica, con enfoque mixto cuantitativo-cualitativo.

5.2 Categorías de Análisis:

Tabla 5-1 Categorías de Análisis.

CATEGORIA	Descripción
Generación de Vertimientos	<ul style="list-style-type: none">✓ Propiedades físico-químicas de los vertimientos.✓ Valores límites permisibles
Generación de Residuos Peligrosos	<ul style="list-style-type: none">✓ Fuentes generadoras.✓ Inventario de reactivos peligrosos.✓ Propiedades físico-químicas de los residuos generados en el laboratorio.
Prácticas de Laboratorio	<ul style="list-style-type: none">✓ Prácticas de laboratorio desarrolladas en los laboratorios de química.✓ Uso de reactivos controlados y peligrosos.

Fuente: Autor

5.3 Población y Muestra o Unidad de Análisis y Unidad de Trabajo.

Tabla 5-2 Descripción de variables

Población	Muestra	Unidad de análisis	Variables
Vertimientos del laboratorio de	Vertimientos recogidos durante el	Vertimientos de descargas puntuales	Parámetros a monitorear: DQO

química del SENA Centro de Gestión industrial.	objeto de estudio. (3 meses)		DBO SST SSED Grasas y Aceites Fenoles Hidrocarburos totales Cloruros Metales y Metaloides
Prácticas de laboratorio realizadas en el laboratorio	Prácticas de laboratorio realizadas en el laboratorio que usaron reactivos	Reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio	Cantidad de reactivo gastado en las practicas realizadas Peligrosidad del reactivo utilizado en las prácticas realizadas.
Residuos producidos en el laboratorio de Química	Residuos producidos en el laboratorio de Química durante el tiempo del estudio	Residuos peligrosos segregados	Cantidad y tipo de residuos producidos por las prácticas de laboratorio.

Fuente: Autor

5.4 Ciclo o etapas de la investigación

El proyecto se desarrolló con las siguientes actividades:

- ✓ Identificar problemática.
- ✓ Establecer técnica e instrumentos de recolección de datos.
- ✓ Analizar resultados e identificación de impactos ambientales
- ✓ Entrevistar usuarios de laboratorio.
- ✓ Inventariar sustancias químicas usadas en las prácticas de laboratorio.
- ✓ Evaluar sistema de clasificación de residuos peligrosos.
- ✓ Elaborar propuesta de Estrategias de mitigación de impactos.

Para lograr los objetivos específicos, se hará por las siguientes fases:

Fase 1 Identificación.

El impacto de las actividades de laboratorio por vertimiento de residuos peligrosos originados del manejo de productos químicos, indica que se debe realizar un control de los vertimientos, con un plan de manejo de los residuos peligrosos generados en el laboratorio, dicho plan debe contemplar la recolección de la siguiente información [5]

- ✓ Definición, clasificación y fuentes generadoras
- ✓ Clasificación
- ✓ Listas de residuos
- ✓ Características de peligrosidad
- ✓ Propiedades físicas, químicas o biológicas
- ✓ Herramientas de ayuda para la clasificación
- ✓ Listas de residuos o desechos peligrosos
- ✓ Información técnica
- ✓ Caracterización analítica
- ✓ Fuentes generadoras.

Para Identificar la problemática ambiental causada por los vertimientos del laboratorio de química, se realizará la caracterización de las sustancias vertidas en las prácticas de laboratorio.

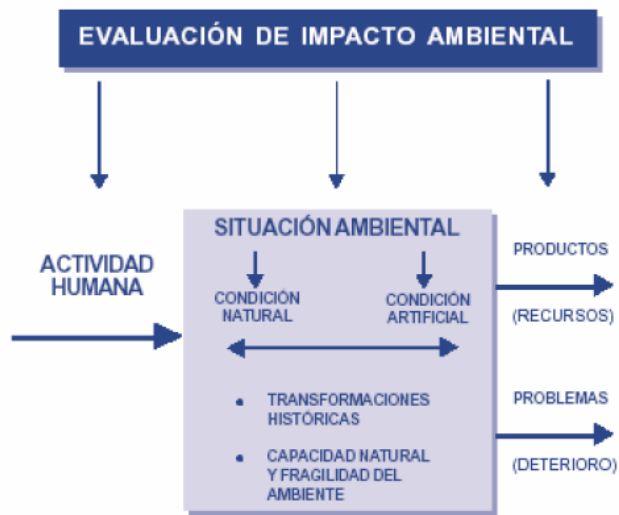
Para la caracterización se consulta la peligrosidad de las sustancias utilizadas en las prácticas de laboratorio, se realiza la clasificación e identificación de riesgos según el sistema globalmente armonizado (SGA).

Fase 2 Caracterización

Se evalúa el impacto causado por los vertimientos del laboratorio de química.

La evaluación del impacto ambiental de las actividades del laboratorio se explica con base en los procesos de transformación del medio ambiente, tal como se observa a continuación en la figura 3:

Figura 5-1 EIA Y Procesos De Transformación Del Medio Ambiente.



Fuente: Espinoza, G. (2007).

Con base en la estructura sistémica se evaluará los impactos producidos por las actividades del laboratorio de química del SENA, utilizando metodologías usualmente utilizadas:

- ✓ Métodos de identificación de alternativas.
- ✓ Métodos para ponderar factores
- ✓ Métodos para identificar impactos
- ✓ Métodos de evaluación de impactos

Dentro de los métodos de identificación de impactos se encuentran: listas de revisión, relaciones causa-efecto, diagramas de redes, matrices de relaciones causa-efecto, matriz de Leopold, técnicas de transparencias y los métodos específicos para algunas variables ambientales en este caso particular la calidad del agua. (GARMENDIA, A., SALVADOR, A., & CRESPO, C. (2005).

Fase 3. Evaluación

Una vez se identifique el impacto ambiental causado por los vertimientos, se procede a realizar entrevistas semiestructuradas a los usuarios del laboratorio con el fin de establecer las prácticas y reactivos utilizados con mayor frecuencia.

Con el listado de reactivos y prácticas se clasifica las sustancias con base en su peligrosidad según el sistema globalmente armonizado y se evalúa la pertinencia de su uso.

Con el listado de prácticas de laboratorio se clasifican los residuos peligrosos producidos en las sesiones de formación.

Se elabora un inventario de los residuos peligrosos generados en cada práctica y se evalúa el método de segregación a los contenedores de RESPEL.

Fase 4. Intervención.

Se proponen alternativas de mitigación del impacto causado por los vertimientos y un sistema de clasificación de los residuos peligrosos alternativo, que contemple la particularidad de las prácticas desarrolladas en los laboratorios de química del SENA, Centro de Gestión Industrial

Se socializa los hallazgos con el fin de concientizar a la comunidad sobre la importancia de evitar verter sustancias químicas al alcantarillado.

5.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.

Para recoger la información de la investigación se emplearán las siguientes técnicas e instrumentos:

- Encuesta: “Prácticas de laboratorio”: Por medio de esta técnica se busca establecer las prácticas de laboratorio más desarrolladas en los laboratorios y con estas determinar los reactivos utilizados y su categoría de peligro. (Anexo 1)
- Entrevista semiestructurada: Se realizará una entrevista semiestructurada al personal que administra el laboratorio de química, con el fin de verificar los

procedimientos establecidos para el manejo de residuos producidos en las prácticas de laboratorio. (Anexo 2)

- Observación directa: se realizará con el fin de verificar el procedimiento que realizan los usuarios (aprendices, instructores,) con los reactivos utilizados y residuos generados en las prácticas.
- Inventario de residuos peligrosos: La cantidad de residuos dan un indicio de la cantidad de agua utilizada y el impacto al recurso hídrico. Se utilizará la siguiente plantilla para inventariar los residuos producidos:

Tabla 5-3 Formato inventario de residuos peligrosos

ESTADO FÍSICO	TIPO DE RESPEL	CARACTERÍSTICA PELIGROSIDAD	ROTULO	CLASIFICACIÓN LISTA Y DEC 4741 DE 2005	ENVASE	MES 1	MES 2	MES 3	TOTAL, POR RESIDUO (Kg)

Fuente: Autor

5.6 Ajuste de técnica con base en los resultados de la prueba piloto (premuestreo)

Tabla 5-4 Ajuste de Técnicas e Instrumentos de recolección de información.

TÉCNICA	PROPUESTA DE AJUSTE
Entrevista personal de laboratorio	<p>De acuerdo a la prueba piloto, este instrumento se puede mejorar, para que su estructura induzca al cumplimiento del objetivo general, y recoger más información de los procedimientos que se llevan a cabo en el laboratorio de química.</p> <p>Las respuestas fueron muy superficiales y no se obtiene información significativa.</p> <p>La población de estudio es heterogénea, considero que se debe realizar una entrevista a cada rol en la administración de los laboratorios de química.</p>
Encuestas prácticas de laboratorio	<p>Cuando se realizó la entrevista, sin estar dentro de las preguntas estructuradas se obtuvo información sobre un formato de control de las prácticas, este formato brinda una información pertinente sobre las prácticas ejecutadas y los reactivos utilizados.</p> <p>La encuesta se puede mejorar, realizando preguntas con opciones de respuesta y no dejar la respuesta abierta, los usuarios del laboratorio no responden con el detalle requerido.</p>
Observación directa: Inventario reactivos	El instrumento utilizado cumple, recoge la información requerida
Observación directa: Inventario residuos peligrosos	El instrumento utilizado cumple, recoge la información requerida

Fuente: Autor

5.7 Responsable de aplicación de la técnica.

Tabla 5-5 responsables de aplicación de técnicas.

TÉCNICA	Responsable de aplicación
Entrevista personal de laboratorio	Maestrante Juan Pablo Medina Rodríguez
Encuestas prácticas de laboratorio	Se realizará en línea, el responsable Maestrante Juan Pablo Medina Rodríguez
Observación directa: Inventario reactivos	Maestrante Juan Pablo Medina Rodríguez
Observación directa: Inventario residuos peligrosos	Maestrante Juan Pablo Medina Rodríguez

Fuente: Autor

Para evaluar el uso de reactivos peligrosos de acuerdo a los programas de formación se propone un nuevo instrumento. Para facilitar el análisis se hará transcripción de los formatos de solicitud de materiales y reactivos.

TÉCNICA	Responsable de aplicación
Observación directa: Prácticas desarrolladas en los laboratorios	Técnico de laboratorio, monitor de laboratorio. Esta labor es extensa ya que el tiempo objeto de estudio para poder evaluar el impacto ambiental de los vertimientos por práctica de laboratorio debe ser mínimo 6 meses, ya que es bastante heterogénea la muestra.

5.8 Sujetos o muestra a quien se aplica la técnica.

En la siguiente tabla encontrara los responsables de aplicar los instrumentos de recolección de datos.

Tabla 5-6 Sujetos o muestras

TÉCNICA	Sujetos o muestra
Entrevista personal de laboratorio	Líderes de laboratorio y personal administrativo.
Encuestas prácticas de laboratorio	Instructores de los programas de formación que realizan prácticas en los laboratorios de química.
Observación directa: Inventario reactivos	Reactivos ubicados en la bodega, que fueron usados en el periodo objeto de estudio.
Observación directa: Inventario residuos peligrosos	Residuos generados en el periodo objeto de estudio.
Test estandarizados caracterización vertimientos	Vertimientos generados en el periodo objeto de estudio.

Fuente: Autor

5.9 Tiempo de aplicación de la prueba piloto y de la técnica.

Tabla 5-7 Tiempo de aplicación de la prueba piloto y de la técnica.

TÉCNICA	Tiempo de aplicación
Entrevista personal de laboratorio	Cada entrevista aproximadamente 15 minutos.
Encuestas prácticas de laboratorio	Durante 20 días se permite enviar respuestas al enlace donde se encuentra la encuesta.
Observación directa: Inventario reactivos	El inventario de las sustancias utilizadas en las prácticas se realizará en aproximadamente 1 semana.

TÉCNICA	Tiempo de aplicación
Observación directa: Inventario residuos peligrosos	El inventario de los residuos peligrosos segregados se realizará en aproximadamente 1 semana.

Fuente: Autor

5.10 Lugar de aplicación.

Tabla 5-8 Lugar de aplicación de cada instrumento.


TÉCNICA	LUGAR DE APLICACIÓN
Entrevista personal de laboratorio	Laboratorio de química, torre occidental 5to piso, SENA CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL. Calle 15 # 31 -42 Bogotá
Encuestas prácticas de laboratorio	
Observación directa: Inventario reactivos	
Observación directa: Inventario residuos peligrosos	

Fuente: Autor

5.11 Registro de ejecución.

El registro de la ejecución de la prueba piloto son las actas y fotografías en la aplicación de las técnicas e instrumentos.

Tabla 5-9 Registro de ejecución

Resultados	<p>Los resultados serán utilizados para ajustar los instrumentos y técnicas para recopilar la información</p> <p>Se evidencio la necesidad de ajuste de la encuesta y la modificación del plan de muestreo para obtener muestras representativas.</p> <p>Las entrevistas deben ajustar las preguntas para obtener.</p>
Recomendaciones	<p>Ajustar los instrumentos, verificar la necesidad de caracterizar los vertimientos para evaluar el impacto ambiental de los vertimientos del laboratorio de química.</p>
Fotografías	

Fuente: Autor

5.12 Registro de mortandad en la aplicación y los motivos.

Hay que descartar las entrevistas y encuestas, ya que la información no es significativa, el personal de laboratorio no dio información detallada de los procedimientos que ellos realizan, por desconocimiento o desinterés.

La evaluación del impacto ambiental de los vertimientos, descartar muestras compuestas y evaluar muestras puntuales, ya que las características de los vertimientos son específicas para cada práctica realizada.

6. Resultados y Análisis

6.1 Encuesta: “prácticas de laboratorio”

Se realizó la encuesta a los instructores usuarios de los laboratorios, para que registraran las practicas realizadas, así como el uso de los reactivos que utilizaban en las prácticas de los diferentes programas de formación, el instrumento se habilitó durante el tercer trimestre de año 2018. Se recolecto 219 instrumentos objeto de este primer análisis.

Este instrumento es de gran relevancia, ya que al tabular la información podemos identificar las sustancias químicas que tiene un impacto ambiental significativo, las prácticas de laboratorio que son más contaminantes y el programa de formación.

En la figura 6-1 se describe el número de prácticas de laboratorio realizadas entre el 01 de Julio y el 30 de septiembre de 2018 fueron 219.

Figura 6-1 Número de prácticas por programa de formación



Fuente: Autor

El programa de formación que más realiza prácticas de laboratorio es la tecnología en química aplicada a la industria, de acuerdo al registro hecho por los usuarios, se realizo

prácticas de otros programas y de otros procesos como investigación, aunque no son los más significativos aportan a la huella ecológica que genera las actividades del laboratorio.

En el periodo objeto de estudio se utilizó 149 reactivos diferentes en el desarrollo de las prácticas, en la tabla 6-1 encontrara el listado y la cantidad de reactivos que se usaron durante el trimestre que se aplicó la encuesta.

Tabla 6-1 Reactivos consumidos durante 1 trimestre.

Reactivo	Cantidad gastada (gramos)
Etanol 96 %	7104,347
Ácido Sulfúrico 98 %	6151,68
Ácido clorhídrico 37 %	2757,495
Hidróxido de sodio R.A.	2061,879
Diclorometano	1530,14
Hidróxido de sodio industrial	1475,7
Acetonitrilo	1104,33
Tartrato de sodio y potasio	932,32
Metanol HPLC	801,7
Cloroformo	758,4
Aceite de Ricino	597,16
Glucosa	564,12
Éter de Petróleo	555,64
Almidón	514,82
Ácido acético glacial	425,8
Yoduro de potasio	394,72
Tiosulfato de Sodio	374,23
Cloruro de Sodio	343,59
éter etílico	338,11
Ácido Nítrico 65 %	301,58
Cloruro de bario	290,33
Alúmina	289,19
Ácido Fosfórico 85 %	282,146
Hidróxido de amonio	278,74
Ácido cítrico	274,16
Etanol	226,8
Ftalato de potasio	191,67

Reactivo	Cantidad gastada (gramos)
Fehling B	139,19
Acetona	131,1314
Dicromato de potasio	130,48
Hexano	127,82
Aceite mineral	126,82
Sulfato de cúprico x 5 H ₂ O	126,62
Fehling a	125,22
Sacarosa	121,12
Cloruro de magnesio x 6 H ₂ O	118,9
EDTA sal di sódica	113,62
Cloruro de Potasio	113,3502
Sulfato de manganeso	105,48
Ácido ascórbico	101,69
sulfato de sodio	100,43
Glicerol	97,24
Sulfato ferroso amoniacal	94,91
Cloruro de amonio	90,64
Acetato de etilo	89,09
Alcohol Isopropílico	87,95
Cloruro férrico	85,98
Fosfato diádico de sodio	83,21
Peróxido de Hidrogeno	80,24
Tolueno	65,43
lactosa	64,87
Cloruro de calcio	64,7356
Ácido Bórico	61,782
Carbonato de sodio anhidro	61,05
Hidroxilamina	55,08
Ácido Láctico	53,81
Sulfato de Magnesio	52,966
Acetato de sodio	50,43
Fosfato bibásico de potasio	50,22
Silica gel	46
Nitrato de bario	45,54

Reactivo	Cantidad gastada (gramos)
Yodato de potasio	40,98
Bicarbonato de sodio	32,44
Hidróxido de Potasio	32,03
sulfato de mercurio	31,01
tierra de diatomeas	30,75
Cloruro de hidroxilamina	28,14
Anhídrido Acético	27,23
Acido 3,5 Dinitrosalicílico	23,8
Sulfato de aluminio	23,53
Fosfato diácido de potasio	21,9397
Ferroina	21,35
oxalato de sodio	19,54
fenoltaleína 0,1 %	16,93
Sulfato de amonio	16,24
Nitrato de potasio	15,71
Sulfato cúprico x 5 h2o	15,08
Acido Benzoico	14,59
Acido salicílico	13,54
Alcanfor	13,45
Permanganato de potasio	13,07
Nitrato de plata R. A	13,03
fructosa	11,67
Negro de eriocromo T	11,64
Estándar de Mercurio	10,96
Sulfato de cobre II	10,94
nitrato de plomo	10,51
Estándar de cobre	10,22
Cromato de potasio R. A	9,73
sulfato de plata	9,1
Azul de Metileno	8,1
Carbonato de calcio	7,77
sulfato cúprico x5H2O	7,55
Urea	7,32
Naftaleno	6,39
maltosa	6,14
Metavanadato de amonio	6,02

Reactivo	Cantidad gastada (gramos)
Colorante	5,99
fosfato bibásico de sodio	5,87
3,4 dimetoxibenzilalcohol	5,63
fluoruro de sodio	5,5
ribosa	5,11
sulfocianuro de potasio	5,04
Dimetilglioxima	5,02
Acetanilida	4,81
nitrato de bismuto	4,66
Acetato de amonio	4,45
Acido esteárico	4,06
Cromato de sodio	3,92
Sulfato de Bario	3,82
Oxido de Lantano	3
Zinc metálico	2,86
Solución acido fórmico	2,77
Fosfato sódico 12 hidrato	2,74
Ácido Láctico	2,61
Fosfato de amonio	2,372
Cloruro de Lantano	2,08
Cloruro de Estroncio	2,05
Borohidruro de sodio R.A.	2,02
Acido Tartárico	2
O-fenaltrolina	1,8
Azul de bromotimol	1,69
Cloruro de mercurio	1,55
Vainillina	1,52
alcohol amílico	1,34
Nitruro de sodio	1,29
magnesio en polvo	1,16
murexida	1,16
Sulfato de calcio	1,11
Azufre	1,05
Cloruro de Cesio	1,04
Naranja de Metilo	0,94
Rojo de Metilo	0,9

Reactivo	Cantidad gastada (gramos)
Sulfuro de sodio	0,76
Nitrato de sodio	0,75
yodo sublimado	0,74
Oxido de zinc	0,69
Sulfato de hierro	0,59
Sulfato ferroso	0,56
acido pícrico	0,53
Oxido ferroso	0,3
Carbón activado	0,22
Sulfito de sodio anhidro	0,21
Cloruro de níquel	0,15
Metil - Catecol	0,07
nitrato de mercurio	0,05
Rodamina B	0,05
antrona	0,01
fosfato de potasio	0,01

Fuente: Autor

Se evidencia el consumo de reactivos por cada especialidad y por cada práctica de laboratorio, todos los reactivos serán evaluados para identificar el impacto ambiental que tiene el uso y segregación de los mismos.

Para poder proponer estrategias de mitigación, es necesario identificar los reactivos utilizados por cada programa de formación y por cada práctica de laboratorio:

Tabla 6-2 Cantidad gastada de reactivos por especialidad

Programa de formación	Cantidad gastada de reactivos (g)
Química Aplicada a la Industria	20621,8629
(en blanco)	7949,198
Control Ambiental	4178,411
Procesos de la Industria Química	1039,19
Investigación	431,15
Química	306,93
Tolima	97,03
Proyecto algas	59,522

Técnico en Análisis de Muestras Químicas	7,14
Microbiología	2,47
Producción	0
Total, general	34692,9039

Fuente: Autor

El programa de formación que más consumió reactivos (7949,198 g) fue el programa de formación tecnológica química aplicada a la industria. Se evidencio que algunos instructores no registraron la especialidad en el instrumento de recolección de información, al dejar esto en blanco no se puede establecer a que programa de formación se debe asociar ese consumo de reactivos.

Según Batativa: (2016): “A pesar de que los riesgos en los laboratorios no solo se relacionan con la generación de residuos peligrosos, son estos los que representan un impacto más significativo sobre la salud y el medio ambiente. Es evidente que para la realización de alguna practica de laboratorio se requiere el uso de sustancias, reactivos, soluciones, materiales biológicos, etc., que al encontrarse en el ambiente como residuos pueden causar alteraciones a los recursos naturales o a la salud de quienes manipulan estos.” (p 15)

Con el listado de reactivos que se usó en las prácticas de laboratorio, se realizó la clasificación de las sustancias químicas según su WGK (Clase alemana de peligro para el agua) (WGK, por sus siglas en inglés) Esta clasificación se usó para identificar el impacto ambiental de las sustancias al ser vertidas en un cuerpo de agua.

La categoría 3 del WGK indica que estas sustancias son muy contaminantes del agua, los siguientes reactivos fueron utilizados durante el trimestre donde se realizó el muestreo, estos reactivos están categorizados con WGK 3 muy contaminante para el agua:

- ✓ 1,10-Fenantrolina monohidrato
- ✓ Acido 3,5 Dinitrosalicílico
- ✓ Amonio monovanadato
- ✓ Antraceno
- ✓ Cloroformo
- ✓ Cloruro de hidroxilamina
- ✓ Cloruro de níquel
- ✓ Cromato de potasio R.A
- ✓ Dicromato de Potasio
- ✓ Éter de Petróleo
- ✓ Éter Etilico
- ✓ fenolftaleína 0,1 %

- ✓ Hidroxilamina
- ✓ Mercurio (II) cloruro
- ✓ Mercurio (II) nitrato monohidrato
- ✓ Mercurio (II) sulfato
- ✓ Naftaleno
- ✓ Nitrato de plata R.A
- ✓ nitrato de plomo
- ✓ o-Toluidina
- ✓ Permanganato de potasio
- ✓ Rojo Congo
- ✓ sulfato de plata

A continuación, se lista las prácticas de laboratorio por especialidad que usaron los reactivos mencionados anteriormente categorizados con WGK 3.

Tabla 6-3 Nombre de prácticas que usan reactivos muy contaminantes del agua WGK 3

PROGRAMA DE FORMACIÓN	Nombre de las Prácticas	Cuenta Reactivos WGK 3
TECNOLOGÍA EN CONTROL AMBIENTAL	Alcalinidad	1
	Alcalinidad - cloruros	2
	Alcalinidad - Dureza	1
	DBO	1
	Demanda química de oxígeno	4
	DQO	3
	DQO - sulfatos	3
	Estandarización soluciones	1
	Grasas y aceites	1
	preparación soluciones	1
	Preparar soluciones	4
	Titulaciones acido-base	1
	Titular/preparación/soluciones	1
	(en blanco)	2
INVESTIGACIÓN Y PROCESOS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA	Investigación	1
	Calidad del jabón	1
	Precipitación	1
TECNOLOGÍA EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN	pH	1
TECNOLOGÍA EN QUÍMICA APLICADA A LA INDUSTRIA	CG	1
	Acidez - HPLC - FTIR	1
	acidez y alcalinidad	1
	Acido - Base	1
	Análisis de cloruros	1
	Azucares	2
	Calibración material volumétrico	1
	cenizas	1

PROGRAMA DE FORMACIÓN	Nombre de las Prácticas	Cuenta Reactivos WGK 3
	cloruros Mohr	1
	Cromatografía Capa delgada	1
	desempeño estandarización	3
	Destilación	3
	Determinación de azúcares	1
	Determinación punto de fusión	1
	DNS	1
	espectrofotometría	1
	estandarización	1
	Estandarización nitrato de plata	1
	Estequiometría	2
	extracción	5
	gravimetría análisis	1
	Indicadores	2
	ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	1
	Lavado material	2
	marcha cationes	1
	Marcha fitoquímica	4
	Ni por dimetilglioxima	1
	Nitratos por UV	1
	Nitrógeno	2
	Soluciones	2
	soluciones buffer	1
	Soluciones químicas	1
	Uv - Visible	1
	Verificación de equipos	1
	Volumetría	1
TÉCNICO EN ANÁLISIS DE MUESTRAS QUÍMICAS	Dureza y alcalinidad	3
	(en blanco)	22
	Acido 3,5 Dinitrosalicílico	1
	Alistamiento skill	3
	Calidad del jabón	1
	Carbono - Fibra - Cenizas	1
	DNS	1
	Investigación	2
	Marcha fitoquímica	3
	Nitrógeno - Carbono Fibra	4
	Práctica ambiental	2
	Proyecto	2
	Transferencia	1
	(en blanco)	1
	Total, general	107

Fuente: Autor

En los 4 programas de formación se realizan prácticas que usan reactivos muy contaminantes del agua, se puede evidenciar que varias practicas se repiten por programa de formación, como se ve en las prácticas resaltadas en rojo en el cuadro anterior.

De igual forma podemos observar que los reactivos contaminantes y peligrosos para la salud son usados en varias prácticas, lo que dificulta su disposición final y genera un impacto ambiental negativo, están mezclados con otros productos lo que dificulta su caracterización.

A continuación, en la tabla 6-4 se puede observar como un mismo reactivo peligroso para la salud y medio ambiente se usa en varias prácticas de un mismo programa de formación:

Tabla 6-4 Consumo de reactivos por práctica de la especialidad Control Ambiental

Especialidad Control Ambiental	
Reactivo / Práctica	Cantidad gastada (g)
Ácido clorhídrico 37 %	354,23
Alcalinidad	0
Alcalinidad - cloruros	0
Alcalinidad - Dureza	0
Demanda química de oxígeno	45,17
dureza total	31,78
Grasas y aceites	32,07
Preparación de soluciones	229,95
Sólidos STS	15,26
test de jarras y sólidos	0
Titulaciones ácido-base	0
Titular/preparación/soluciones	
Ácido Sulfúrico 98 %	1399,93
DBO	
Demanda química de oxígeno	915,02
DQO - sulfatos	230,95
Oxígeno disuelto y cloro residual	159,36
Preparación de soluciones	54,76
(en blanco)	39,84
Dicromato de potasio	107,79

Especialidad	Control Ambiental
Demanda química de oxígeno	4,17
DQO - sulfatos	1,06
Preparación de soluciones (en blanco)	99,56 3
Etanol 96 %	215,87
Grasas y aceites	21,37
Preparación de soluciones (en blanco)	5,17 189,33
Éter de Petróleo	284,02
Grasas y aceites	284,02
Hidróxido de amonio	141,08
Alcalinidad	
Alcalinidad - Dureza	
dureza total	141,08
Titulaciones acido-base	
Hidróxido de sodio R.A.	234,259
Alcalinidad	0
Alcalinidad - cloruros	0
Alcalinidad - Dureza	0
DBO	
Demanda química de oxígeno	45,07
Oxígeno disuelto y cloro residual	35,53
Preparación de soluciones	84,989
test de jarras y solidos	0
Titulaciones acido-base	68,67
Titular/preparación/soluciones	
Total, general	2737,179

Fuente: Autor

Tabla 6-5 Consumo de reactivos por práctica de la especialidad Química Aplicada.

Especialidad	Química Aplicada a la Industria
Reactivo / Práctica	Cantidad gastada (g)
Acetonitrilo	1104,33
Acidez - HPLC - FTIR	
Acido Salicílico - HPLC	1104,33
Ácido clorhídrico 37 %	2014,32
Acidez - HPLC - FTIR	15,13
acidez y alcalinidad	12,8
Cenizas	
Destilación	71,25
Determinación de cloro en muestra	26,94
Estequiometria	92,84
Extracción de aceite	14,55
Extracción Peptina	59,32
indicador de pH	2,18
Indicadores	53,05
indicadores, titulación potencio métrica	0
ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	6,62
Kjeldahl	3,31
marcha cationes	190,68
Marcha fitoquímica	50,97
MEDICIÓN DE PH	0
Nitratos por UV	0
Oxido-reducción	18,88
Preparación de soluciones	224,5
Propiedades	21,37
Propiedades químicas	69,92
Reacción enzimática	59,32
soluciones buffer	96,74
Turbidimetría	916,13
Volumetría	7,82
Ácido Sulfúrico 98 %	1008,83
Azúcares reductores método Fehling	76,1

Especialidad	Química Aplicada a la Industria
Cromatografía Capa delgada	3,91
Desempeño	116,87
Extracción de aceite	7,59
Kjeldahl	210,08
Lavado material	66,84
marcha cationes	
Marcha fitoquímica	62,91
Oxígeno disuelto	261,02
Preparación de soluciones	89,54
Propiedades	7,38
Propiedades químicas	106,59
Cloroformo	758,4
Cromatografía Capa delgada	
Destilación	
Extracción de aceite	611,97
Nitratos por UV	3,43
Verificación de equipos	143
Diclorometano	1500,21
Cromatografía Capa delgada	
Extracción de aceite	1500
Marcha fitoquímica	0,21
Etanol 96 %	6139,487
Actividad Enzimática	
Calibración material volumétrico	34,68
cenizas	
Densidad y viscosidad	3,46
Destilación	2336,327
Determinación de azúcares	641,4
Determinación punto de ebullición	12,25
Elaboración de jabones	23,25
espectrofotometría	
Extracción de aceite	2502,81
Extracción Peptina	
indicador de pH	84,52

Especialidad	Química Aplicada a la Industria
ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	58,82
Lavado material	
Marcha fitoquímica	307,93
Ni por dimetilglioxima	44,97
Oxígeno disuelto	0
Pectinas	89,07
Pre tratamiento	0
Preparación medios	
Turbidimetría	0
Hidróxido de sodio industrial	34,36
Preparación de soluciones	34,36
Metanol HPLC	557,29
Cromatografía Capa delgada	0,5
Flavonoides - Vainillina	160,75
Verificación de equipos	396,04
Tartrato de sodio y potasio	623,43
Azúcares reductores método Fehling	296,95
Determinación de alcoholes	104
DNS	60,58
Preparación medios	8,82
Uv – Visible	153,08
Total, general	13740,657

Fuente: Autor

Tabla 6-6 Consumo de reactivos por práctica de la especialidad Procesos de la Industria Química.

Especialidad	Procesos de la Industria Química
Reactivo / Práctica	Cantidad gastada (g)
Acido Benzoico	7,22
Precipitación	7,22
Ácido clorhídrico 37 %	15,42
Calidad del jabón	15,42
Bicarbonato de sodio	5

Especialidad	Procesos de la Industria Química
Reconocimiento	5
Ftalato de potasio	1,22
Azúcares reductores método Fehling	1,22
Carbón activado	0,22
Precipitación	0,22
Cloruro férrico	0
Precipitación	0
Dicromato de potasio	
Precipitación	
Etanol 96 %	738,15
Calidad del jabón	738,15
fenolftaleína 0,1 %	
Calidad del jabón	
Glucosa	5,5
Azúcares reductores método Fehling	5,5
Hidróxido de sodio industrial	0,78
Calidad del jabón	0,78
Hidróxido de sodio R.A.	59,36
Azúcares reductores método Fehling	59,36
Precipitación	0
Naranja de Metilo	
Calidad del jabón	
Ninguno	
Reconocimiento	
Sulfato de cúprico x 5 H₂O	69,7
Azúcares reductores método Fehling	69,7
Tartrato de sodio y potasio	136,62
Azúcares reductores método Fehling	136,62
Total, general	1039,19

Fuente: Autor

Tabla 6-7 Consumo de reactivos por práctica de la especialidad Técnico en Análisis de Muestras Químicas.

Especialidad Técnico en Análisis de Muestras Químicas	
Reactivo / Práctica	Cantidad gastada (g)
Ácido clorhídrico 37 %	
Alcalinidad - Dureza	
Ácido Sulfúrico 98 %	4,97
Alcalinidad - Dureza	4,97
Carbonato de calcio	0,05
Alcalinidad - Dureza	0,05
Cloruro de Sodio	
Alcalinidad - Dureza	
EDTA sal di sódica	1,92
Alcalinidad - Dureza	1,92
fenolftaleína 0,1 %	
Alcalinidad - Dureza	
Hidróxido de amonio	
Alcalinidad - Dureza	
Hidróxido de sodio R.A.	0,2
Alcalinidad - Dureza	0,2
indicador cromato	
Alcalinidad - Dureza	
Negro de eriocromo T	
Alcalinidad - Dureza	
Nitrato de plata R. A	
Alcalinidad - Dureza	
Solución buffer etilendiamina	
Alcalinidad - Dureza	
Total, general	7,14

Fuente: Autor

Los reactivos que más se usaron fueron: Etanol 96 % 7,1 Kg, Ácido Sulfúrico 98 % 6,1 Kg, Ácido clorhídrico 37 % 2,7 Kg, Hidróxido de sodio R.A. 2,0 Kg, Diclorometano 1,5 Kg, Hidróxido de sodio industrial 1,4 Kg, Acetonitrilo 1,1 Kg, Tartrato de sodio y potasio 0,93 Kg, Metanol HPLC 0,80, Cloroformo 0,75 Kg. Todos estos reactivos generan un

impacto ambiental significativo, las prácticas de laboratorio dan respuesta a una demanda social y laboral, pero sus actividades no se realizan en marco del desarrollo sostenible. El impacto que pueden causar estas sustancias en el recurso hídrico, en la salud de los usuarios de los laboratorios, en el aire es bastante alto, esto justifica la implementación de alternativas para mitigar y controlar estos impactos.

Una vez examinado los reactivos más utilizados y con la categoría de peligro más significativa, se procede a evaluar el impacto ambiental del uso de estas sustancias, así mismo se verifica como debe ser su eliminación según la normativa legal vigente, eso garantiza que las actividades del laboratorio se realicen en marco del desarrollo sostenible.

Las prácticas se realizan con mayor frecuencia son:

- ✓ Acidez - HPLC - FTIR
- ✓ acidez y alcalinidad
- ✓ cenizas
- ✓ Destilación
- ✓ Determinación de cloro en muestra
- ✓ Estequiometría
- ✓ Extracción de aceite
- ✓ Extracción Peptina
- ✓ indicador de pH
- ✓ Indicadores
- ✓ indicadores, titulación potenciométrica
- ✓ ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN
- ✓ Kjeldahl
- ✓ marcha cationes
- ✓ Marcha fitoquímica
- ✓ MEDICIÓN DE PH
- ✓ Nitratos por UV
- ✓ Oxido-reducción
- ✓ Preparación de soluciones
- ✓ Propiedades
- ✓ Propiedades químicas
- ✓ Reacción enzimática
- ✓ soluciones buffer
- ✓ Turbidimetría
- ✓ Volumetría

6.2 Caracterización de los vertimientos del laboratorio.

Se realizó la caracterización de los siguientes parámetros a los vertimientos generados durante una semana, los parámetros monitoreados fueron los descritos a continuación:

- O₂ disuelto.
- SST
- Cloruros
- pH
- Temperatura.
- Metales pesados.

Los laboratorios de química cuentan con 3 ambientes de química general, 1 ambiente de química instrumental y 1 almacén. Los ambientes donde se realizó el muestreo fueron los ambientes de química general (laboratorio 501,505 y 507).

Se realizó el muestreo, componiendo una muestra con 2 muestras puntuales obtenidas de cada desagüe del laboratorio de química general.

Se realizó el muestreo en cada laboratorio de química general, y se compuso una sola muestra por cada laboratorio.

Se instaló un colector en el desagüe para obtener la muestra como se muestra en la ilustración 6-1.

Los volúmenes recogidos y características físico-químicas de cada punto de muestreo varían significativamente por la diferencia de programación de cada laboratorio, adicional en cada semana se obtienen muestra diferente ya que las prácticas de laboratorio que se desarrollan son muy diversas.

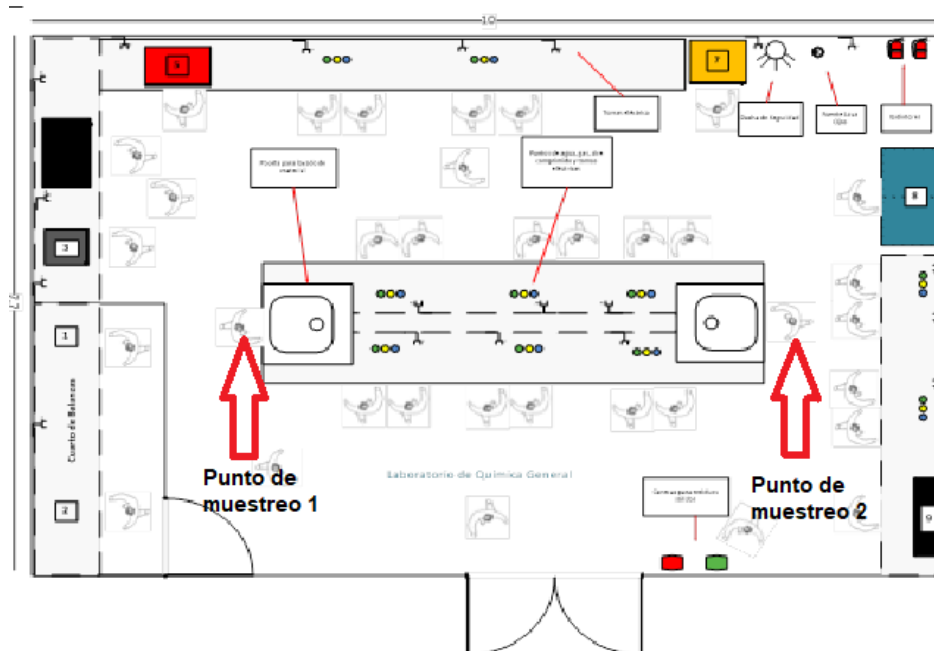
Ilustración 6-1 Fotografía desagüe punto de muestreo.



Fuente: Autor

En la ilustración 6-2 se observa el plano de los laboratorios de química general y la ubicación de los puntos de muestreo.

Ilustración 6-2 Plano Laboratorio de química general.



Fuente Moreno Betancourt, Centro de Gestión Industrial- Regional Distrito Capital. SENA. (2014)

Se colecto las muestras y se realizaron los análisis básicos, cada muestra se realizó por triplicado, los resultados que se obtuvieron se encuentran en la tabla 6-8.

Tabla 6-8 Resultados de análisis físico-químicos de los vertimientos de los laboratorios del Centro de gestión Industrial del SENA.

Parámetro	Unidad	Método	Muestra	Resultado	Promedio	Desviación estándar	RSD	Valor límite máximos permisible. Resolución 631 de 2015
O ₂ disuelto.	mg O ₂ /L	Electrodo	Lab 501-1	5,3	5,37	0,31	5,7%	7
			Lab 501-2	5,1				
			Lab 501-3	5,7				
			Lab 505-1	6	3,97	2,16	54,4%	
			Lab 505-2	4,2				
			Lab 505-3	1,7				
			Lab 507-1	5,5	4,50	0,87	19,2%	
			Lab 507-2	4				
			Lab 507-3	4				
SST	mg/L	Gravimétrico	Lab 501-1	11	35,33	30,83	87,2%	50
			Lab 501-2	25				
			Lab 501-3	70				
			Lab 505-1	17	19,33	5,86	30,3%	
			Lab 505-2	26				
			Lab 505-3	15				
			Lab 507-1	25	57,00	39,40	69,1%	
			Lab 507-2	101				
			Lab 507-3	45				
Cloruros	mg Cl/L	Valoración Volumétrica	Lab 501-1	5,7	6,10	1,06	17,3%	250
			Lab 501-2	5,3				
			Lab 501-3	7,3				
			Lab 505-1	260	369,00	191,40	51,9%	
			Lab 505-2	257				
			Lab 505-3	590				
			Lab 507-1	7,5	9,77	4,55	46,5%	
			Lab 507-2	15				
			Lab 507-3	6,8				
pH	Unidades de pH	Electrodo	Lab 501-1	4,5	5,10	0,56	10,9%	pH 6 a 9
			Lab 501-2	5,2				
			Lab 501-3	5,6				
			Lab 505-1	4,9	6,30	1,78	28,2%	
			Lab 505-2	8,3				
			Lab 505-3	5,7				
			Lab 507-1	5,7	6,10	0,69	11,4%	
			Lab 507-2	6,9				
			Lab 507-3	5,7				

Nota: Fuente: Autor. Lab: Laboratorio. Análisis realizado en el laboratorio de química del Centro de Gestión Industrial del SENA.

Los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización físico-químicos son muy variables, los coeficientes de variación de los ensayos son muy altos, no se obtuvo una repetibilidad fiable. La alta variabilidad de los resultados se debe a la cantidad de prácticas realizadas, cada semana se realizan prácticas diferentes, usan productos químicos diferentes y tanto los vertimientos como los residuos peligrosos generados son bastante diferentes y dificulta obtener una muestra representativa.

Las muestras obtenidas cada semana se almacenaban en un recipiente plástico y se garantizó que cumpliera con la cadena de custodia. Sin embargo, esto no garantiza que fuera una muestra representativa, debido a que los periodos académicos del SENA en este centro de formación son semestrales, y el muestreo se realizó durante un trimestre.

Según Batativa (2015), se debe implementar el manejo eficiente de productos químicos, “Este protocolo se caracteriza por ser de carácter preventivo en cuanto a los aspectos que deben ser identificados por docentes, estudiantes, investigadores y funcionarios antes de hacer uso de los laboratorios y durante el desarrollo de prácticas, para que así todos sean conocedores de las normas de seguridad y en conjunto se contribuya a la disminución de la exposición al riesgo químico” (p53).

Este procedimiento se propone como una alternativa de mitigación y ayudara a controlar el impacto ambiental de los vertimientos, garantizando el cumplimiento de la resolución 631, cumpliendo con la calidad del agua que se vierte.

6.3 Identificación de peligros e impactos de las sustancias utilizadas en el laboratorio de química del Sena centro de gestión industrial.

Para evaluar el impacto ambiental de los vertimientos del laboratorio de química del SENA Centro de gestión Industrial, se tuvo en cuenta los reactivos que se usaban en cada práctica de laboratorio y se evaluó individualmente el impacto que produce cuando se vierte sin control al alcantarillado.

El muestreo de los vertimientos del laboratorio se planteó con base en un plan de muestreo cumpliendo la NTC 5667, sin embargo, la complejidad y diversidad de prácticas realizadas,

hace que las características de cada punto de muestreo sean muy diferentes, generando diferencia significativa en los resultados de los ensayos de caracterización.

Para identificar la problemática ambiental causada por los vertimientos de sustancias químicas, se realiza un listado con los reactivos identificados en la encuesta, se organizan para clasificarlos según su peligrosidad de acuerdo al Sistema Globalmente armonizado y se clasifica con su índice WGK para identificar el riesgo que tiene el cuerpo hídrico si esta sustancia se vierte al alcantarillado.

Por medio de la metodología de Merck¹ se evalúa la eliminación de cada sustancia, estas son recomendaciones generales, sin embargo, sirven para identificar el tipo de residuo que se produce por el uso de estas sustancias en las prácticas de laboratorio.

A continuación, se presenta una tabla con la evaluación del impacto ambiental que tiene cada sustancia química utilizada en las prácticas desarrolladas durante el periodo objeto de estudio:

¹ Recomendaciones extraídas de la documentación de sustancias químicas de Merck: <https://www.merckmillipore.com/CO/es/documents/Z.qb.qB.tecAAAFDDJUznLq.nav>

Tabla 6-9 Impacto ambiental de los reactivos más usados en las prácticas.

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
1,10-Fenantrolina monohidrato	5144-89-8	Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	9 Los compuestos combustibles caracterizados como cancerígenos y como "muy tóxicos" o "tóxicos" (aparte de disolventes): categoría F. Los sulfatos de alquilos son cancerígenos: evitar a toda costa la inhalación y cualquier contacto con la piel. Para su desactivación pueden añadirse, gota a gota mediante un embudo de decantación y agitando intensamente, a una solución concentrada de amoníaco enfriada con hielo (art. 105426). Antes del vertido a categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 3 muy contaminante para el agua
4-Metoxibenzald ehído	123-11-5	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acetanilida	103-84-4	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acetato de amonio	631-61-8	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acetato de etilo	141-78-6	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3,	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
		Sistema nervioso central, H336		
Acetato de sodio	127-09-3	esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.		WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acetona	67-64-1	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acetonitrilo	75-09-2	Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	2 Disolventes orgánicos halogenados y soluciones de sustancias orgánicas conteniendo halógenos: En Alemania, además de las empresas de eliminación de residuos, según el decreto alemán HKW-Abfall-Verordnung, también el distribuidor acepta el retorno de disolventes con halógenos y los purifica de nuevo por encargo pagado. De todas maneras, los disolventes conteniendo halógenos deben mantenerse separados al recogerlos y deben cumplir determinadas especificaciones. Disolventes conteniendo halógenos, fuertemente impurificados o mezclados: categoría B. Atención: no utilizar recipientes de aluminio y en caso de residuos clorados conteniendo agua tampoco utilizar recipientes de acero inoxidable (peligro de fugas por corrosión).	WGK 2 contamina el agua
Ácido (S)-láctico aprox. 90%		Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Acido 3,5 Dinitrosalicílico	609-99-4	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302}		WGK 3 muy contaminante para el agua
Ácido acético glacial	64-19-7	Líquido inflamable, Categoría 3, H226 Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314	4 Los ácidos orgánicos líquidos o resp. soluciones se diluyen si es necesario y se neutralizan cuidadosamente con hidrogenocarbonato sódico (art. 106323) o hidróxido sódico (art. 106462). Antes del vertido en la categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acido Benzoico	65-85-0	Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Inhalación, Pulmones, H372	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Ácido cítrico	77-92-9	Irritación ocular, Categoría 2, H319		WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
<p>Ácido clorhídrico 37 %</p>	<p>7647-01-0</p>	<p>Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335</p>	<p>12</p> <p>Los ácidos inorgánicos y sus anhídridos, según el caso, se diluyen o respectivamente se hidrolizan previamente, añadiéndolos bajo agitación, cuidadosamente, en agua con hielo. Seguidamente se neutraliza con solución de hidróxido sódico (art. 105587) (guantes, campana extractora). Antes del vertido en la categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535). El ácido sulfúrico fumante (óleum) se gotea cuidadosamente en ácido sulfúrico al 40 % (art. 109286), bajo buena agitación. Tener siempre cantidades suficientes de hielo a mano a efectos de refrigeración exterior. Después de enfriar, el ácido sulfúrico altamente concentrado obtenido se somete, como se indica arriba, a su tratamiento ulterior. Análogamente al ácido sulfúrico fumante (óleum)/ácido sulfúrico pueden gotearse otros anhídridos en sus correspondientes ácidos. Los gases ácidos (p. ej. halogenuros de hidrógeno, cloro, fosgeno, dióxido de azufre) se pueden pasar por una solución de sosa cáustica diluida y después de la neutralización se eliminan en la categoría D.</p>	<p>WGK 1 contamina ligeramente el agua</p>
<p>Acido esteárico</p>	<p>57-11-4</p>	<p>Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea</p>		<p>NWG ningún peligro para el agua</p>

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
<p>Ácido Fosfórico 85 %</p>		<p>H290: Puede ser corrosivo para los metales. H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.</p>	<p>12</p> <p>Los ácidos inorgánicos y sus anhídridos, según el caso, se diluyen o respectivamente se hidrolizan previamente, añadiéndolos bajo agitación, cuidadosamente, en agua con hielo. Seguidamente se neutraliza con solución de hidróxido sódico (art. 105587) (guantes, campana extractora). Antes del vertido en la categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535). El ácido sulfúrico fumante (óleum) se gotea cuidadosamente en ácido sulfúrico al 40 % (art. 109286), bajo buena agitación. Tener siempre cantidades suficientes de hielo a mano a efectos de refrigeración exterior. Después de enfriar, el ácido sulfúrico altamente concentrado obtenido se somete, como se indica arriba, a su tratamiento ulterior. Análogamente al ácido sulfúrico fumante (óleum)/ácido sulfúrico pueden gotearse otros anhídridos en sus correspondientes ácidos. Los gases ácidos (p. ej. halogenuros de hidrógeno, cloro, fosgeno, dióxido de azufre) se pueden pasar por una solución de sosa cáustica diluida y después de la neutralización se eliminan en la categoría D.</p>	<p>WGK 1 contamina ligeramente el agua</p>

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Ácido Nítrico 65 %		Líquido comburente, Categoría 3, H272 Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331 Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314	12 Los ácidos inorgánicos y sus anhídridos, según el caso, se diluyen o respectivamente se hidrolizan previamente, añadiéndolos bajo agitación, cuidadosamente, en agua con hielo. Seguidamente se neutraliza con solución de hidróxido sódico (art. 105587) (guantes, campana extractora). Antes del vertido en la categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535). El ácido sulfúrico fumante (óleum) se gotea cuidadosamente en ácido sulfúrico al 40 % (art. 109286), bajo buena agitación. Tener siempre cantidades suficientes de hielo a mano a efectos de refrigeración exterior. Después de enfriar, el ácido sulfúrico altamente concentrado obtenido se somete, como se indica arriba, a su tratamiento ulterior. Análogamente al ácido sulfúrico fumante (óleum)/ácido sulfúrico pueden gotearse otros anhídridos en sus correspondientes ácidos. Los gases ácidos (p. ej. halogenuros de hidrógeno, cloro, fosgeno, dióxido de azufre) se pueden pasar por una solución de sosa cáustica diluida y después de la neutralización se eliminan en la categoría D	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acido salicílico	69-72-7	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Ácido Sulfúrico 98 %	7664-93-9	Corrosivos para los metales (Categoría 1), H290 Corrosión cutáneas (Categoría 1A), H314	<p style="text-align: center;">2</p> Los ácidos inorgánicos y sus anhídridos, según el caso, se diluyen o respectivamente se hidrolizan previamente, añadiéndolos bajo agitación, cuidadosamente, en agua con hielo. Seguidamente se neutraliza con solución de hidróxido sódico (art. 105587) (guantes, campana extractora). Antes del vertido en la categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535). El ácido sulfúrico fumante (óleum) se gotea cuidadosamente en ácido sulfúrico al 40 % (art. 109286), bajo buena agitación. Tener siempre cantidades suficientes de hielo a mano a efectos de refrigeración exterior. Después de enfriar, el ácido sulfúrico altamente concentrado obtenido se somete, como se indica arriba, a su tratamiento ulterior. Análogamente al ácido sulfúrico fumante (óleum)/ácido sulfúrico pueden gotearse otros anhídridos en sus correspondientes ácidos. Los gases ácidos (p. ej. halogenuros de hidrógeno, cloro, fosgeno, dióxido de azufre) se pueden pasar por una solución de sosa cáustica diluida y después de la neutralización se eliminan en la categoría D.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acido Tartárico	87-69-4	Irritación ocular, Categoría 2, H319	<p style="text-align: center;">3</p> Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
alcohol amílico	71-41-0	Líquido inflamable, Categoría 3, H226 Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3,	<p style="text-align: center;">3</p> Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
		Sistema respiratorio, H335		
Alcohol Isopropílico	67-63-0	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Alfa Naftol	90-15-3	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 3, Cutáneo, H311 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Almidón	9005-84-9	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Amonio monovanadato	7803-55-6	Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Inhalación, Vías respiratorias, H372 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	15 Soluciones que contienen metales pesados y sustancias sólidas: categoría E. El níquel Raney (también el níquel Urushibara), en suspensión acuosa, puede disolverse agitando con ácido clorhídrico (art. 100312) (categoría E). El níquel Raney mismo o los residuos de filtración no deben secarse, ya que estos se autoinflaman con seguridad en el aire. Metal pesado significa en este contexto cualquier compuesto de antimonio, arsénico, cadmio, cromo (VI), cobre, plomo, níquel y estaño, así como estas sustancias en forma metálica, siempre que estén clasificadas como peligrosas (según lista de desechos V anexo 3). Otros metales pesados se recogen separadamente.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Amonio y hierro (II) sulfato hexahidrato	7783-85-9	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.		WGK 1 contamina ligeramente el agua
Anaranjado de metilo en solución al 0,1%		Esta mezcla no está clasificada como peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	28 Soluciones acuosas: categoría D.	NWG ningún peligro para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Anhídrido Acético	108-24-7	Líquido inflamable, Categoría 3, H226 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314	11 Los halogenuros, anhídridos e isocianatos de ácido orgánicos, para transformarlos en los correspondientes ésteres metílicos o resp. carbamatos metílicos, se pueden añadir, gota a gota, sobre un exceso de metanol (art. 822283). Si es necesario, ajustar con solución de hidróxido sódico (art. 105587). Vertido en categoría A.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Antraceno	120-12-7	Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Azufre	7704-34-9	Sólido inflamable, Categoría 2, H228 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Azul de bromotimol	76-59-5	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 contamina el agua
Azul de Metileno	200-515-2	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 ponen en peligro significativamente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
benzaldehído	100-52-7	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Bicarbonato de sodio	144-55-8	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Biftalato de potasio		Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Bismuto (III) nitrato	1304-85-4	Sólido comburente, Categoría 2, H272	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Borohidruro de sodio R.A.	16940-66-2	Sustancias que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables, Categoría 1, H260 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360FD	<p style="text-align: center;">26</p> <p>Los metales alcalinos y los alcalinotérreos se colocan en un disolvente inerte y se desactivan por adición, gota a gota, de 2-propanol (art. 100995), bajo agitación. En caso de que la reacción transcurra muy violentamente debe hacerse reaccionar con terc-butanol u octanol. Atención: el hidrógeno que se produce en esta reacción puede conducir a explosiones de gas detonante, por ello se deben tomar las correspondientes precauciones. Una vez acabada la reacción se añade agua gota a gota; neutralizar. Categoría D. Los borohidruros de alcalinos y de alcalinotérreos se tratan, bajo agitación, con metanol (art. 106008), las amidas e hidruros de alcalinos y de alcalinotérreos, así como hidruros orgánicos de aluminio y de estaño se tratan, gota a gota, con 2-propanol (art. 100995). La mayor parte de las sustancias presentes como sustancia sólida se ponen previamente en suspensión en un éter. Una vez acabada la reacción se hidroliza con agua, luego se neutraliza. Categoría D ó E. También para destruir el hidruro de litio y aluminio tiene que ponerse en suspensión éste en un éter. Bajo gas protector y agitación fuerte, se gotea una mezcla de acetato de etilo (art. 822277) y el éter usado en la suspensión, en la relación 1:4. Hay que prestar siempre atención a que se mezcle bien bajo agitación. Categoría A.</p>	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Calcio sulfato dihidrato	10101-41-4	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Carbón activado	7440-44-0	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.		NWG ningún peligro para el agua
Carbonato de calcio	471-34-1	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	NWG ningún peligro para el agua
Carbonato de sodio anhidro	497-19-8	Irritación ocular, Categoría 2, H319	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Cinc óxido	1314-13-2	Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático, Categoría 1, H400 Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático, Categoría 1, H410	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Cloroformo	67-66-3	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361d Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Hígado, Riñón, H372	2 Disolventes orgánicos halogenados y soluciones de sustancias orgánicas conteniendo halógenos: En Alemania, además de las empresas de eliminación de residuos, según el decreto alemán HKW-Abfall-Verordnung, también el distribuidor acepta el retorno de disolventes con halógenos y los purifica de nuevo por encargo pagado. De todas maneras, los disolventes conteniendo halógenos deben mantenerse separados al recogerlos y deben cumplir determinadas especificaciones. Disolventes conteniendo halógenos, fuertemente impurificados o mezclados: categoría B. Atención: no utilizar recipientes de aluminio y en caso de residuos clorados conteniendo agua tampoco utilizar recipientes de acero inoxidable (peligro de fugas por corrosión).	WGK 3 muy contaminante para el agua
Cloruro de amonio	12125-02-9	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Irritación ocular, Categoría 2, H319	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Cloruro de bario	10326-27-9	Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332	15 Soluciones que contienen metales pesados y sustancias sólidas: categoría E. El níquel Raney (también el níquel Urushibara), en suspensión acuosa, puede disolverse agitando con ácido clorhídrico (art. 100312) (categoría E). El níquel Raney mismo o los residuos de filtración no deben secarse, ya que estos se autoinflaman con seguridad en el aire. Metal pesado significa en este contexto cualquier compuesto de antimonio, arsénico, cadmio, cromo (VI), cobre, plomo, níquel y estaño, así como estas sustancias en forma metálica, siempre que estén clasificadas como peligrosas (según lista de desechos V anexo 3). Otros metales pesados se recogen separadamente.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Cloruro de calcio	10043-52-4	Irritación ocular, Categoría 2, H319		WGK 1 contamina ligeramente el agua
Cloruro de Cesio	7647-17-8	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Cloruro de Estroncio	10025-70-4	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Cloruro de hidroxilamina	1/11/5470	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 4, Cutáneo, H312 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Oral, H373 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290	10 Los peróxidos orgánicos pueden detectarse en soluciones acuosas o disolventes orgánicos con Perex-Test® (art. 116206). Los peróxidos puros se diluyen en un disolvente adecuado o con agua a un mínimo del 10% y se añaden en pequeñas porciones bajo control de la temperatura a una solución de cloruro de hierro (II) (art. 103860). Comprobar la reacción completa con Perex-Test® (art. 116206). Categoría D. Las sustancias explosivas (clase de almacenamiento 4.1A) se envasan separadamente y se cierran herméticamente preparadas para la eliminación. Debe asegurarse suficiente desensibilización mediante agua o el medio desensibilizador indicado.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Cloruro de Lantano	10025-84-0	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	27 Los residuos que contengan metales valiosos deberían reciclarse; categoría H.	WGK 2 contamina el agua
Cloruro de magnesio x 6 H2O	7791-18-6	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.		WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Cloruro de níquel	7791-20-0	Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Sensibilización respiratoria, Categoría 1, H334 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341 Carcinogenicidad, Categoría 1A, Inhalación, H350i Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360D Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, H372 Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático, Categoría 1, H400 Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático, Categoría 1, H410	15 Soluciones que contienen metales pesados y sustancias sólidas: categoría E. El níquel Raney (también el níquel Urushibara), en suspensión acuosa, puede disolverse agitando con ácido clorhídrico (art. 100312) (categoría E). El níquel Raney mismo o los residuos de filtración no deben secarse, ya que estos se autoinflaman con seguridad en el aire. Metal pesado significa en este contexto cualquier compuesto de antimonio, arsénico, cadmio, cromo (VI), cobre, plomo, níquel y estaño, así como estas sustancias en forma metálica, siempre que estén clasificadas como peligrosas (según lista de desechos V anexo 3). Otros metales pesados se recogen separadamente.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Cloruro de potasio	7447-40-7	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Cloruro de Sodio		No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	28 Soluciones acuosas: categoría D.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Cromato de potasio R. A	7789-00-6	Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Mutagenicidad en células germinales, Categoría 1B, H340 Carcinogenicidad, Categoría 1B, Inhalación, H350i Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	22 Los peróxidos y oxidantes inorgánicos, así como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico (art. 106513), pueden transformarse en productos de reducción menos peligrosos; categoría D o E. Los oxidantes difícilmente solubles se recogen separadamente en las categorías E o I.	WGK 3 muy contaminante para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Diclorometano	75-09-2	Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	2 Disolventes orgánicos halogenados y soluciones de sustancias orgánicas conteniendo halógenos: En Alemania, además de las empresas de eliminación de residuos, según el decreto alemán HKW-Abfall-Verordnung, también el distribuidor acepta el retorno de disolventes con halógenos y los purifica de nuevo por encargo pagado. De todas maneras, los disolventes conteniendo halógenos deben mantenerse separados al recogerlos y deben cumplir determinadas especificaciones. Disolventes conteniendo halógenos, fuertemente impurificados o mezclados: categoría B. Atención: no utilizar recipientes de aluminio y en caso de residuos clorados conteniendo agua tampoco utilizar recipientes de acero inoxidable (peligro de fugas por corrosión).	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Dicromato de Potasio	7778-50-9	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330 Toxicidad aguda, Categoría 4, Cutáneo, H312 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Sensibilización respiratoria, Categoría 1, H334 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Mutagenicidad en células germinales, Categoría 1B, H340 Carcinogenicidad, Categoría 1B, H350 Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360FD Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, H372 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	22 Los peróxidos y oxidantes inorgánicos, así como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico (art. 106513), pueden transformarse en productos de reducción menos peligrosos; categoría D ó E. Los oxidantes difícilmente solubles se recogen separadamente en las categorías E ó I.	WGK 3 muy contaminante para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Dimetilglioxima	95-45-4	Sólido inflamable, Categoría 2, H228	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 contamina el agua
EDTA sal disódica	6381-92-6	Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Inhalación, Vías respiratorias, H373	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 contamina el agua
Etanol 96 %	64-17-5	Líquido inflamable categoría 2	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Éter de Petróleo	64742-49-0	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373 Peligro de aspiración, Categoría 1, H304 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 3 muy contaminante para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Éter Etilico	60-29-7	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373 Peligro de aspiración, Categoría 1, H304 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Fenol	108-95-2	Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341 Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331 Toxicidad aguda, Categoría 3, Cutáneo, H311 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Sistema nervioso central, Riñón, Hígado, Piel, H373 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314	9 Los compuestos combustibles caracterizados como cancerígenos y como "muy tóxicos" o "tóxicos" (aparte de disolventes): categoría F. Los sulfatos de alquilo son cancerígenos: evitar a toda costa la inhalación y cualquier contacto con la piel. Para su desactivación pueden añadirse, gota a gota mediante un embudo de decantación y agitando intensamente, a una solución concentrada de amoníaco enfriada con hielo (art. 105426). Antes del vertido a categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
fenolftaleína 0,1 %	77-09-8	Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341 Carcinogenicidad, Categoría 1B, H350 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Ferroina		Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412	28 Soluciones acuosas: categoría D.	WGK 2 ponen en peligro significativamente el agua
fluoruro de sodio	7681-49-4	Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Irritación cutánea, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319		WGK 1 contamina ligeramente el agua
Fosfato bibásico de potasio	2139900	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Fosfato diácido de potasio	7778-77-0	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
fructosa	57-48-7	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	NWG ningún peligro para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Glicerina	56-81-5	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.		WGK 1 contamina ligeramente el agua
Glucosa	50-99-7	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Hexano	110-54-3	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361fd Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Inhalación, Sistema nervioso, H373 Peligro de aspiración, Categoría 1, H304 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Hidróxido de amonio		Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutánea, Categoría 1B, H314 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400	13 Las bases y alcoholatos, si es necesario, se diluyen introduciéndolas y agitando cuidadosamente en agua. Seguidamente se neutralizan con ácido clorhídrico (art. 100312) (guantes, campana extractora). Antes del vaciado en categoría D ó E, comprobar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 2 ponen en peligro significativamente el agua
Hidróxido de Potasio	1310-58-3	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314	13 Las bases y alcoholatos, si es necesario, se diluyen introduciéndolas y agitando cuidadosamente en agua. Seguidamente se neutralizan con ácido clorhídrico (art. 100312) (guantes, campana extractora). Antes del vaciado en categoría D ó E, comprobar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Hidróxido de sodio industrial	1310-73-2	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314	13 Las bases y alcoholatos, si es necesario, se diluyen introduciéndolas y agitando cuidadosamente en agua. Seguidamente se neutralizan con ácido clorhídrico (art. 100312) (guantes, campana extractora). Antes del vaciado en categoría D ó E, comprobar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Hidróxido de sodio R.A.	1310-73-2	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314	13 Las bases y alcoholatos, si es necesario, se diluyen introduciéndolas y agitando cuidadosamente en agua. Seguidamente se neutralizan con ácido clorhídrico (art. 100312) (guantes, campana extractora). Antes del vaciado en categoría D ó E, comprobar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Hidroxilamina		Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 3 muy contaminante para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Hierro (II) sulfato heptahidrato	7782-63-0	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Irritación cutánea, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Hierro (III) cloruro hexahidrato	10025-77-1	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Irritación cutánea, Categoría 2, H315 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
L (+)-Ácido ascórbico	50-81-7	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.		WGK 1 contamina ligeramente el agua
Lactato de sodio		Esta mezcla no está clasificada como peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Lactosa monohidrato	10039-26-6	REGLAMENTO (CE) No 1272/2008 No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	NWG ningún peligro para el agua
Lantano (III) óxido	1312-81-8	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	27 Los residuos que contengan metales valiosos deberían reciclarse; categoría H.	NWG ningún peligro para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
magnesio en polvo	7439-95-4	Sólido pirofórico, Categoría 1, H250 Sustancias que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables, Categoría 1, H260	<p style="text-align: center;">26</p> <p>Los metales alcalinos y los alcalinotérreos se colocan en un disolvente inerte y se desactivan por adición, gota a gota, de 2-propanol (art. 100995), bajo agitación. En caso de que la reacción transcurra muy violentamente debe hacerse reaccionar con terc-butanol u octanol. Atención: el hidrógeno que se produce en esta reacción puede conducir a explosiones de gas detonante, por ello se deben tomar las correspondientes precauciones. Una vez acabada la reacción se añade agua gota a gota; neutralizar. Categoría D. Los borohidruros de alcalinos y de alcalinotérreos se tratan, bajo agitación, con metanol (art. 106008), las amidas e hidruros de alcalinos y de alcalinotérreos, así como hidruros orgánicos de aluminio y de estaño se tratan, gota a gota, con 2-propanol (art. 100995). La mayor parte de las sustancias presentes como sustancia sólida se ponen previamente en suspensión en un éter. Una vez acabada la reacción se hidroliza con agua, luego se neutraliza. Categoría D ó E. También para destruir el hidruro de litio y aluminio tiene que ponerse en suspensión éste en un éter. Bajo gas protector y agitación fuerte, se gotea una mezcla de acetato de etilo (art. 822277) y el éter usado en la suspensión, en la relación 1:4. Hay que prestar siempre atención a que se mezcle bien bajo agitación. Categoría A.</p>	NWG ningún peligro para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
maltosa	6363-53-7	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Mercurio (II) cloruro	7487-94-7	Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f Toxicidad aguda, Categoría 2, Oral, H300 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Riñón, H372 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	20 Sales y residuos de mercurio. El mercurio elemental se recoge con Chemizorb® Hg (art. 112576): categoría G.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Mercurio (II) nitrato monohidrato	7783-34-8	Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330 Toxicidad aguda, Categoría 1, Cutáneo, H310 Toxicidad aguda, Categoría 2, Oral, H300 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	20 Sales y residuos de mercurio. El mercurio elemental se recoge con Chemizorb® Hg (art. 112576): categoría G.	WGK 3 muy contaminante para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Mercurio (II) sulfato	7783-35-9	Toxicidad aguda, Categoría 2, Oral, H300 Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330 Toxicidad aguda, Categoría 1, Cutáneo, H310 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Riñón, H373 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	20 Sales y residuos de mercurio. El mercurio elemental se recoge con Chemizorb® Hg (art. 112576): categoría G.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Metanol HPLC	67-56-1	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331 Toxicidad aguda, Categoría 3, Cutáneo, H311 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 1, Ojos, H370	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 2 contamina el agua
murexida	3051-09-0	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Naftaleno	91-20-3	Sólido inflamable, Categoría 2, H228 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410		WGK 3 muy contaminante para el agua
Negro de eriocromo T	1787-61-7	Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 contamina el agua
Nitrato de amonio	6484-52-2	Sólido comburente, Categoría 3, H272 Irritación ocular, Categoría 2, H319	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Nitrato de bario	10022-31-8	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Irritación ocular, Categoría 2, H319	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Nitrato de plata R. A	7761-88-8	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400	27 Los residuos que contengan metales valiosos deberían reciclarse; categoría H.	WGK 3 muy contaminante para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
		Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410		
nitrate de plomo	10099-74-8	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad para la reproducción, Categoría 1A, H360Df Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Sangre, Sistema nervioso central, Sistema inmunitario, Riñón, H372 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	5 Soluciones que contienen metales pesados y sustancias sólidas: categoría E. El níquel Raney (también el níquel Urushibara), en suspensión acuosa, puede disolverse agitando con ácido clorhídrico (art. 100312) (categoría E). El níquel Raney mismo o los residuos de filtración no deben secarse, ya que estos se autoinflaman con seguridad en el aire. Metal pesado significa en este contexto cualquier compuesto de antimonio, arsénico, cadmio, cromo (VI), cobre, plomo, níquel y estaño, así como estas sustancias en forma metálica, siempre que estén clasificadas como peligrosas (según lista de desechos V anexo 3). Otros metales pesados se recogen separadamente.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Nitrato de potasio	7757-79-1	Sólido comburente, Categoría 3, H272		WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Nitrato de sodio	7631-99-4	Sólido comburente, Categoría 3, H272 Irritación ocular, Categoría 2, H319	22 Los peróxidos y oxidantes inorgánicos, así como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico (art. 106513), pueden transformarse en productos de reducción menos peligrosos; categoría D ó E. Los oxidantes difícilmente solubles se recogen separadamente en las categorías E ó I.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Nitruro de sodio		Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	21 Las azidas pueden descomponerse con yodo (art. 104760) en presencia de tiosulfato sódico (art. 106513) con desprendimiento de nitrógeno: categoría D ó E.	WGK 2 ponen en peligro significativamente el agua
o-Toluidina	95-53-4	Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341 Carcinogenicidad, Categoría 1B, H350 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	9 Los compuestos combustibles caracterizados como cancerígenos y como "muy tóxicos" o "tóxicos" (aparte de disolventes): categoría F. Los sulfatos de alquilos son cancerígenos: evitar a toda costa la inhalación y cualquier contacto con la piel. Para su desactivación pueden añadirse, gota a gota mediante un embudo de decantación y agitando intensamente, a una solución concentrada de amoníaco enfriada con hielo (art. 105426). Antes del vertido a categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 3 muy contaminante para el agua
oxalato de sodio	62-76-0	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 4, Cutáneo, H312	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Permanganato de potasio	7722-64-7	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Corrosión cutáneas, Categoría 1C, H314 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	22 Los peróxidos y oxidantes inorgánicos, así como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico (art. 106513), pueden transformarse en productos de reducción menos peligrosos; categoría D ó E. Los oxidantes difícilmente solubles se recogen separadamente en las categorías E ó I.	WGK 3 muy contaminante para el agua
Peróxido de Hidrogeno		Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad acuática crónica, Categoría 4, H413		WGK 1 contamina ligeramente el agua
Potasio hexacianoferrato (III)	13746-66-2	Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 2 contamina el agua
ribosa	50-69-1	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Rodamina B	81-88-9	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Rojo Congo	573-58-0	Carcinogenicidad, Categoría 1B, H350 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361d		WGK 3 muy contaminante para el agua
Rojo de Metilo	493-52-7	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 contamina el agua
Sacarosa	57-50-1	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	NWG ningún peligro para el agua
Sodio dihidrogenofosfato monohidrato	10049-21-5	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Sodio sulfato	7757-82-6	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Solución ácido fórmico		Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331 Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314	4 Los ácidos orgánicos líquidos o resp. soluciones se diluyen si es necesario y se neutralizan cuidadosamente con hidrogenocarbonato sódico (art. 106323) o hidróxido sódico (art. 106462). Antes del vertido en la categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Sulfato Cúprico x 5H₂O	7758-99-8	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	15 Soluciones que contienen metales pesados y sustancias sólidas: categoría E. El níquel Raney (también el níquel Urushibara), en suspensión acuosa, puede disolverse agitando con ácido clorhídrico (art. 100312) (categoría E). El níquel Raney mismo o los residuos de filtración no deben secarse, ya que estos se autoinflaman con seguridad en el aire. Metal pesado significa en este contexto cualquier compuesto de antimonio, arsénico, cadmio, cromo (VI), cobre, plomo, níquel y estaño, así como estas sustancias en forma metálica, siempre que estén clasificadas como peligrosas (según lista de desechos V anexo 3). Otros metales pesados se recogen separadamente.	WGK 2 contamina el agua
Sulfato de aluminio	7784-31-8	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Sulfato de amonio	7783-20-2	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Sulfato de Bario	7727-43-7	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	NWG ningún peligro para el agua
Sulfato de Magnesio	7487-88-9	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Sulfato de Manganeso	10034-96-5	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Inhalación, Cerebro, H373 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
sulfato de plata	10294-26-5	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	27 Los residuos que contengan metales valiosos deberían reciclarse; categoría H.	WGK 3 muy contaminante para el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Sulfito de sodio anhidro	7757-83-7	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	6 Sulfuros o resp. sulfitos y otras sustancias reductoras, cianuros inorgánicos e isonitrilos: bajo agitación introducir en solución de hipoclorito sódico (art. 105614), en caso necesario dejar actuar durante varios días. Atención, algunas sustancias pueden reaccionar violentamente. Eliminar los gases tóxicos o combustibles que puedan liberarse. Destruir el exceso de oxidantes mediante tiosulfato sódico (art. 106513). Categoría D ó E.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
sulfocianuro de potasio	333-20-0	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Toxicidad aguda, Categoría 4, Cutáneo, H312 Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Tartrato de sodio y potasio	6381-59-5	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Tiosulfato de Sodio	10102-17-7	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	28 Soluciones acuosas: categoría D.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Tolueno	108-88-3	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación cutánea, Categoría 2, H315 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Sistema nervioso central, H373 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361d Peligro de aspiración, Categoría 1, H304 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	WGK 2 contamina el agua
tri-Sodio fosfato dodecahidrato	10101-89-0	Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
tungstato de sodio	10213-10-2	Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
Urea	57-13-6	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Vainillina	121-33-5	Irritación ocular, Categoría 2, H319	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Verde Bromocresol	76-60-8	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.	WGK 2 contamina el agua
Yodato de potasio	2139718	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318	22 Los peróxidos y oxidantes inorgánicos, así como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico (art. 106513), pueden transformarse en productos de reducción menos peligrosos; categoría D ó E. Los oxidantes difícilmente solubles se recogen separadamente en las categorías E ó I.	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Número de CAS	Clasificación de peligrosidad (SGA)	Eliminación	Evaluación de impactos WGK
yodo sublimado	7553-56-2	Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Toxicidad aguda, Categoría 4, Cutáneo, H312 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Oral, glándula tiroides, H372 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Inhalación, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400	22 Los peróxidos y oxidantes inorgánicos, así como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico (art. 106513), pueden transformarse en productos de reducción menos peligrosos; categoría D ó E. Los oxidantes difícilmente solubles se recogen separadamente en las categorías E ó I.	WGK 2 contamina el agua
Yoduro de potasio	7681-11-0	Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Oral, Tiroides, H372	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Zinc metálico	7440-66-6	Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).	WGK 2 contamina el agua

Fuente: Autor

Con la información de la tabla, se identifica los peligros asociados al uso de sustancias químicas, cada sustancia se identificó por separado, ya que la hoja de seguridad y la clasificación según el sistema globalmente armonizado existe por cada sustancia pura, y es la forma en la que se almacena en el laboratorio y se dispone en las prácticas.

Con la información de la hoja de seguridad se describió la forma de eliminar los residuos de cada sustancia, esto contribuirá para proponer un nuevo sistema de segregación de los residuos producidos en las prácticas, sin embargo, se debe evaluar la posibilidad de cambiar las prácticas o reemplazar las sustancias potencialmente peligrosas.

En el listado de sustancias químicas, también hay sustancias que no tienen ningún efecto sobre la salud y tampoco son peligrosas para el medio ambiente, sin embargo, estas sustancias tampoco deben ser vertidas al alcantarillado, deben ingresar al procedimiento de segregación que se proponga.

Para proponer un nuevo proceso de segregación, se evaluará la clasificación existente para identificar si da respuesta a las sustancias que se utilizan actualmente en las prácticas de laboratorio.

Según Bavativa (2015) las siguientes son las sustancias químicas peligrosas más comunes (p 21), por la generación de residuos peligrosos:

Tabla 6-10 Sustancias Peligrosas más Comunes

CARACTERÍSTICA DEL RESIDUO	SUSTANCIAS MÁS COMUNES
CORROSIVOS	Ácido Sulfúrico; Ácido Nítrico; Ácido Clorhídrico; Hidróxido de Sodio; Hidróxido de Potasio; Flúor; Cloro; Bromo; Yodo; Hipoclorito de Sodio; Peróxido de Hidrogeno; Fenol; entre otros.
EXPLOSIVOS	Acetiluros; Hidracina; Nitrato de Amonio; Nitratos Orgánicos; Nitroglicerinas; Nitrotoluenos; Perclorato de Amonio; Peróxidos Orgánicos; Trinito-benceno; entre otros

CARACTERÍSTICA DEL RESIDUO	SUSTANCIAS MÁS COMUNES
INFLAMABLES	Acetaldehído; Acetato de Etilo; Acetona; Benceno; Butanoles; Cloro metano; Cloruro de Acetilo; Di-sulfuro de Carbono; Etanol; Hexano; Metanol; 2-Propanol; Tolueno; entre otros.
TÓXICOS	Anilina; Bromo; Cianuros; Cloro; Compuestos de Antimonio, Arsénico, Cromo y Selenio; Mercurio y sus compuestos; Fosforo; Sales solubles de Bario y Plata; Fenoles y Crisoles; entre otros

Nota: Fuente: Babativa Ramirez, J S (2015). Evaluación de buenas prácticas en laboratorios de docencia universitaria: estrategias de reducción en la producción de residuos peligrosos. Manizales, Caldas, Colombia. En línea [14 de Junio de 2019] disponible en <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1135/Jhon%20Sebastian%20Bovativa%20Ramirez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Se evidencia el uso de sustancias peligrosas en el desarrollo de las prácticas, todos los tipos inflamables, toxicas, corrosivas e incluso explosivas se encuentran entre el listado de reactivos utilizados en el periodo objeto de estudio.

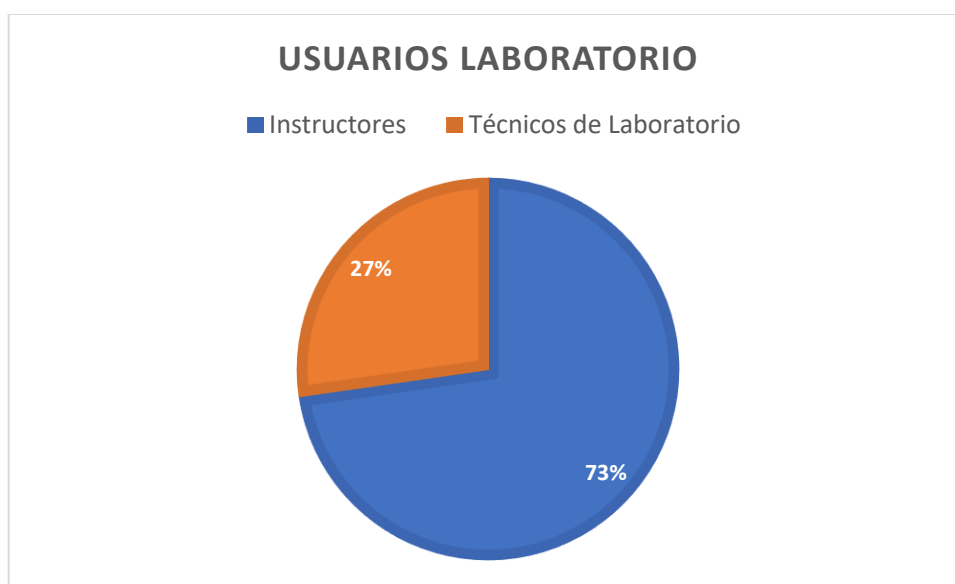
6.4 Entrevista semiestructurada a usuarios del laboratorio

Los usuarios del laboratorio respondieron la entrevista, que fue actualizada después de prueba piloto, puede revisar la encuesta en el Anexo 2.

A continuación, encontramos el análisis de cada pregunta:

La entrevista se realizó a los usuarios del laboratorio, los roles se describen a continuación:

Figura 6-2 usuarios del laboratorio Entrevistados

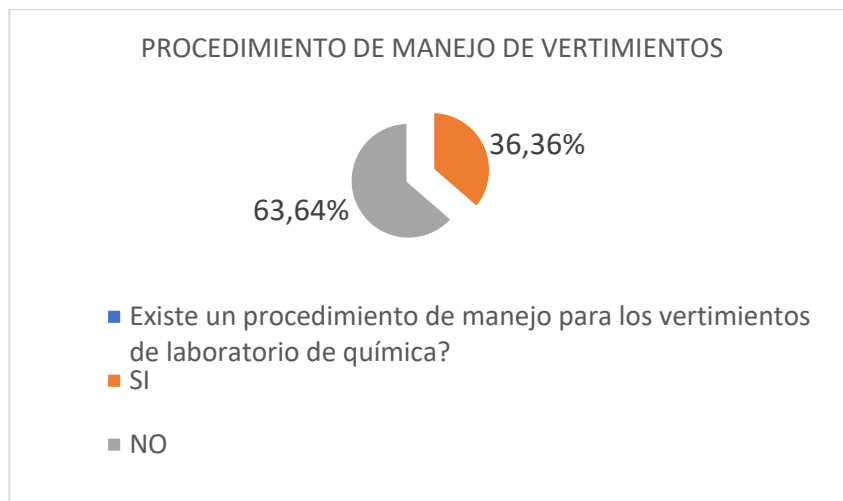


Fuente: Autor

El 73 % de los usuarios son instructores, quienes son los que realizan las prácticas de laboratorio, responsables del manejo de los reactivos y de su disposición final. El 27 % son técnicos de laboratorio, quienes son las personas encargadas de administrar el laboratorio, controlar los reactivos y asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad del laboratorio de química.

- ✓ ¿Existe un procedimiento de manejo para los vertimientos de laboratorio de química?

Figura 6-3 Respuestas procedimiento de laboratorio

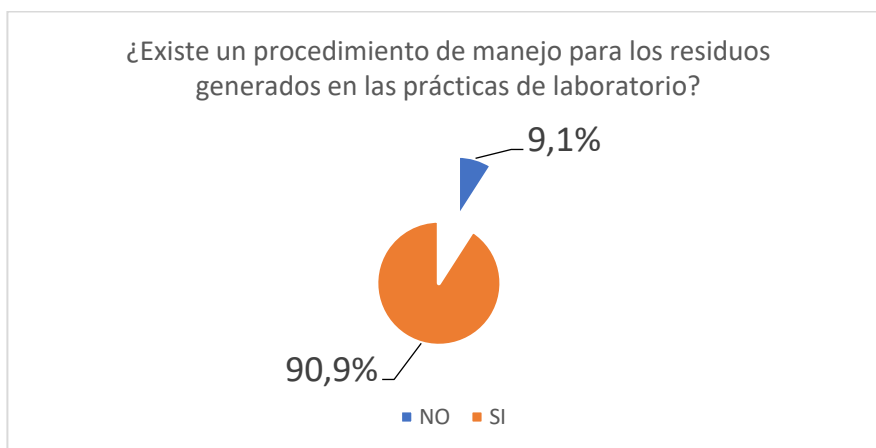


Fuente: Autor

Según los usuarios entrevistados, el 63 % de ellos desconoce el procedimiento de manejo de vertimientos, y el 36 % dice conocerlo, sin embargo, no conocen donde se encuentra o como se utiliza.

- ✓ ¿Existe un procedimiento de manejo para los residuos generados en las prácticas de laboratorio?

Figura 6-4 Gráfico Conocimiento Procedimientos RESPEL

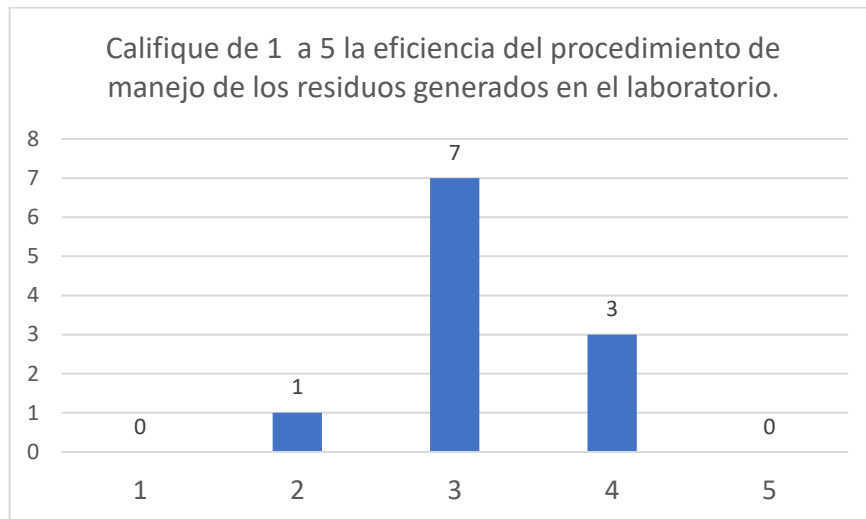


Fuente: Autor

Según lo observado el 90 % de las personas entrevistadas reconocen el procedimiento de manejo de residuos peligrosos. Solo una persona desconoce este procedimiento, su rol es técnico de laboratorio.

- ✓ Según su experiencia califique de 1 a 5 la eficiencia del procedimiento de manejo de los residuos generados en el laboratorio.

Figura 6-5 Grafico Evaluación Procedimiento de manejo de residuos.

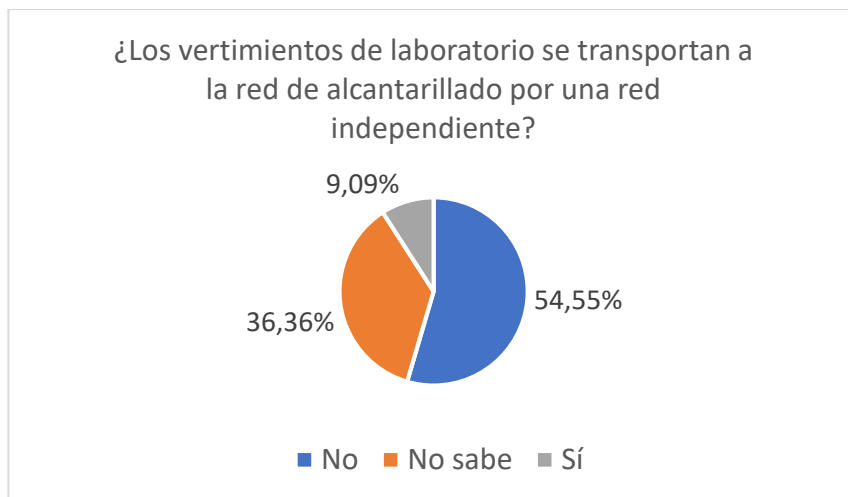


Fuente: Autor

El promedio de la calificación del procedimiento actual es 3,2 una calificación muy baja, esta percepción se debe a los múltiples inconvenientes que manifiestan los usuarios para hacer la correcta disposición de los residuos.

- ✓ ¿Los vertimientos de laboratorio se transportan a la red de alcantarillado por una red independiente?

Figura 6-6 Grafico respuestas conocimiento redes de vertimientos.

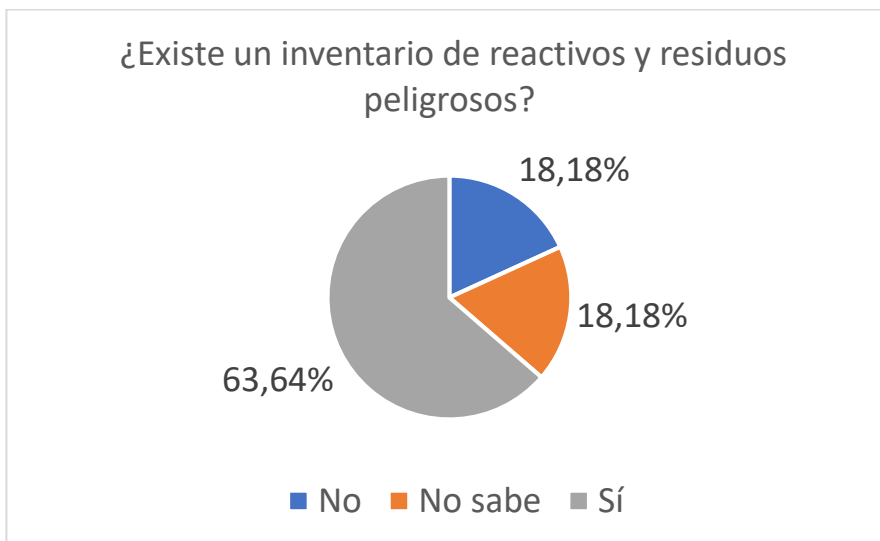


Fuente: Autor

En esta pregunta se evidencia el desconocimiento de los usuarios sobre el impacto que tienen sus actividades, el desconocimiento de donde termina lo que se vierte por las cañerías, solo 54 % identifico claramente que los vertimientos del laboratorio no se separan por una red independiente.

- ✓ ¿Existe un inventario de reactivos y residuos peligrosos?

Figura 6-7 Grafico conocimiento Inventarios RESPEL



Fuente: Autor

El 63 % de los entrevistados conoce que existe inventarios y como es el manejo según normativa de las sustancias químicas controladas y los residuos peligrosos.

- ✓ ¿Cuál es el procedimiento que se lleva a cabo con los residuos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio?

Las respuestas obtenidas fueron las siguientes:

¿Cuál es el procedimiento que se lleva a cabo con los residuos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio?
Son separados al momento de su generación teniendo en cuenta su naturaleza y asimismo dispuestos en bidones para ser entregados a una empresa que los maneja de acuerdo al tipo de residuo.
Se llevan al PIGA
Almacenar
Se disponen según plan del SIGA
Se realiza la disposición en los contenedores que tiene el laboratorio, y este procedimiento se realiza por compatibilidad química.
Sé disponen en contenedores los cuales se llevan al centro temporal de acopio hasta su disposición
Los residuos generados en las prácticas de laboratorios se disponen temporalmente en contenedores plásticos, los se rotula y pesan mensualmente. Posteriormente, estos residuos son entregados a una empresa especializada en su manejo para la desintegración y disposición final. La empresa entrega al Centro de Gestión Industrial un acta de disposición controlada.
Se clasifican de acuerdo a su naturaleza química
Una empresa gestora los recoge.
<ol style="list-style-type: none">1. Recolección de residuos de las practicas haciendo una separación de acuerdo al PIGA.2. Primer almacenamiento temporal en galones de polietileno de alta densidad según especificaciones del PIGA3. Reporte por peso de la cantidad generada de cada residuo mensualmente.4. Traslado de los galones con soluciones liquidas, bolsas con materia solida

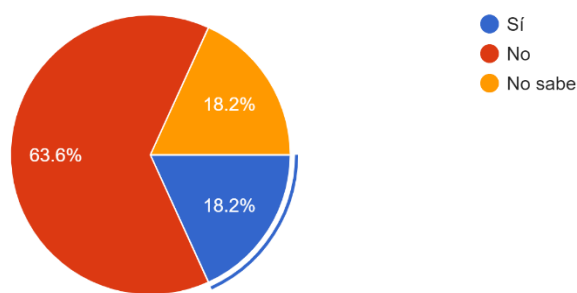
contaminada y corto punzantes posiblemente contaminados a un centro de acopio.
5. Se almacena teniendo en cuenta la compatibilidad de cada tipo de residuo.
6. Traslado de los residuos por parte de un servicio externo que realizara la posterior neutralización incineración ...
Se clasifican para un almacenamiento temporal y se encía a un gestor.

Aunque de manera general se describió el procedimiento, los usuarios del laboratorio no tienen claro que hacer con sus residuos, esto aporta a que las actividades del laboratorio no sean sostenibles.

- ✓ ¿El laboratorio cuenta con un plan de manejo ambiental?

Figura 6-8 Grafico conocimiento del plan de manejo ambiental

¿ El laboratorio cuenta con una plan de manejo ambiental?
11 respuestas



Fuente: Autor

El laboratorio no cuenta con un plan de manejo ambiental. Solo se conoce una parte del PIGA (Plan integral de gestión ambiental), que es obsoleta y solo tiene un capítulo de RESPEL sin actualización, ni evaluación del impacto y riesgo. El 18 % de los encuestados desconoce la existencia de un plan de manejo ambiental.

- ✓ ¿En el laboratorio se ha evaluado el impacto ambiental de sus procesos?

Todos los entrevistados están de acuerdo en que en el laboratorio no se ha evaluado el impacto ambiental de las actividades que allí se realizan, esto justifica la elaboración de este proyecto buscando alternativas de mitigación.

- ✓ ¿Cuál cree usted que es la principal problemática ambiental del laboratorio de química?

¿Cuál cree usted que es la principal problemática ambiental del laboratorio de química?
Al realizar montajes que requieren enfriamiento se conectan condensadores a las llaves de agua, esa agua se desperdicia pudiendo llegar a ser varios litros por montaje. Esto se replica en varios grupos proyecto por ficha, en varias fichas por jornada en las 3 jornadas. El desperdicio de agua puede alcanzar varios metros cúbicos en el mes.
No se tiene un inventario de los posibles residuos peligrosos que se llegan a generar
Acumulación de altos volúmenes de residuos químicos en largos periodos dentro del laboratorio
Algunos reactivos vencidos, con fichas de seguridad que no corresponden, falta de documentación a la mano como tarjeta de emergencia.
La falta de capacitación y sensibilización al personal que hace uso de los espacios del laboratorio. No existen procesos establecidos para un manejo eficiente y oportuno.
El consumo excesivo de agua y la generación de residuos peligrosos
No se cuenta con un estudio específico para la clasificación de los residuos generados en las prácticas de laboratorio.
Falta de control en el manejo de residuos, falta de socialización de los protocolos si existen, falta de estandarización de las prácticas de laboratorio y los residuos generados en cada una de ellas
Emisiones
La correcta separación (compatibilidad) y disposición de los residuos generados, falta de capacitación a los estudiantes para la correcta separación de los residuos, los

estudiantes deben tomar conciencia del que deben botar en la bolsa verde y la roja y de los vertimientos en la cañería.
Manejo de emisiones.

La gestión de los residuos peligrosos es algo que los usuarios manifiestan como problemas ambientales, la implementación de un sistema de segregación eficiente mitigaría en gran parte esta problemática ambiental. El consumo de agua y de recursos es otro problema latente, así como la falta de educación ambiental.

Estos hallazgos nos ayudan a proponer el plan de trabajo para proponer las alternativas de mitigación, en marco del desarrollo sostenible.

- ✓ Desde su conocimiento, ¿cuáles son los reactivos más peligrosos (peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente) que se utilizan en las prácticas de laboratorio?

Desde su conocimiento cuales son los reactivos más peligrosos (peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente) que se utilizan en las prácticas de laboratorio.
Los ácidos fuertes junto con algunos solventes orgánicos.
cromatos, dicromatos, permanganato.
Metales pesados, compuestos halogenados
Los más utilizados en las prácticas agentes oxidantes y ácidos fuertes, solventes orgánicos tóxicos y altamente inflamables.
Hexano, dicromato de potasio, Algunos solventes halogenados, Azida de sodio, tolueno pentano, Metanol R.A y HPLC entre otros.
Reactivos cancerígenos, mutágenos teratógenos, polutantes marinos, metales pesados
En los laboratorios del CGI se cuenta con 600 reactivos químicos diferentes. Por su diversidad, hay muchos peligros ambientales, físicos y para la salud.
Solventes como Cloroformo, diclorometano, tolueno, benceno y sales de metales pesados como Mercurio o Arsénico
Solventes, ácidos.
Cloroformo, otros solventes, sales con metales pesados, Bases y ácidos Fuertes.

Emisiones de solventes.

En esta pregunta se obtuvo información que se contrasto con la obtenida en el instrumento “encuestas prácticas”, y se comprueba que los usuarios del laboratorio conocen el riesgo y la categoría de peligro de las sustancias que manejan en las prácticas de laboratorio.

6.5 Caracterización de residuos peligrosos.

En el laboratorio existe un procedimiento de segregación, cuyo objetivo no es más si no almacenar los residuos producidos por las prácticas desarrolladas, para que un gestor recoja y disponga estos residuos.

En varias ocasiones se han presentado incidentes por verter residuos incompatibles en el mismo contenedor.

Según Benavides, A., Vargas González, X., Chaves Barboza, G., & Rodríguez Corrales, J. (2012), la cuantificación detallada de cada uno de los desechos generados en cada una de las prácticas, se determina considerando el aporte parcial de cada una de las sustancias al aporte total. Además, se determinan los volúmenes generados por familia en cada práctica. Finalmente, se cuantifica la cantidad y el tipo de desecho depositado en cada uno de los recipientes recolector. (p 68).

Inicialmente se cuantifico los residuos almacenados durante el trimestre objeto de estudio, para cruzar con respecto de las prácticas realizadas. En la tabla siguiente se registró los residuos almacenados:

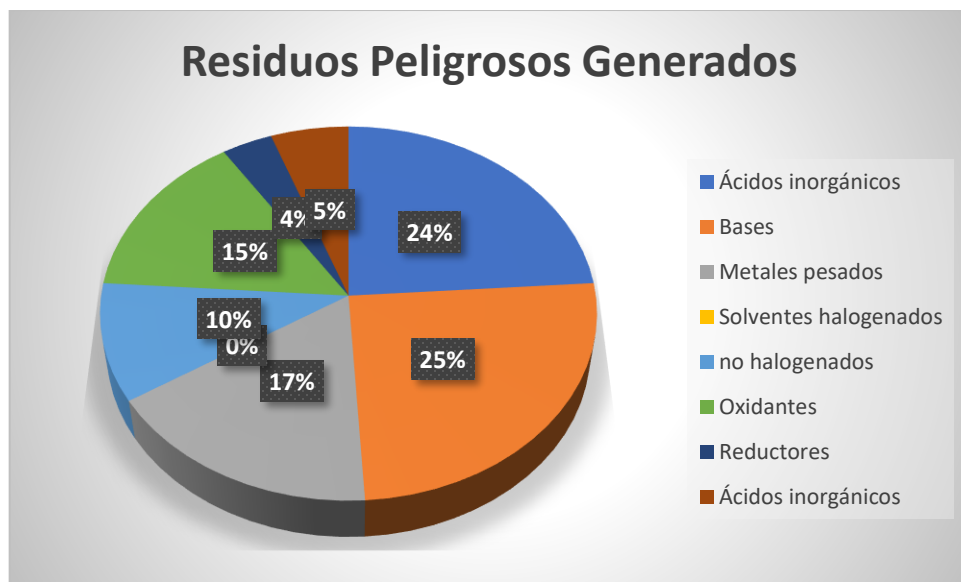
Tabla 6-11 Inventario de residuos peligrosos generados en el laboratorio.

Estado físico	Nombre RESPEL	Característica peligrosidad	Rotulo	Clasificación lista y Decreto 4741 de 2005	Envase	Julio (kg)	Agosto (kg)	Septiembre (kg)	Total, por residuo (kg)
Residuos líquidos	Ácidos inorgánicos	Corrosivo		Y14	Galón polipropileno	19	22	58	99
	Bases	Corrosivo		Y14	Galón polipropileno	19	42	43	104
	Metales pesados	Tóxico		Y14	Galón polipropileno	10	21	39	70
	Solventes halogenados	Inflamable		Y14	Galón polipropileno	0	0	0	0
	Solventes no halogenados	Inflamable		Y14	Galón polipropileno	0	22	20	42
	Oxidantes	Comburente		Y14	Galón polipropileno	38	0	23	61
	Reductores	Corrosivo, tóxico, inflamable		Y14	Galón polipropileno	15	0	0	15
	Ácidos orgánicos	Corrosivo		Y14	Galón polipropileno	0	0	23	23
Total, por mes						101	107	206	<u>414</u>

Fuente: Autor

Durante el periodo objeto de estudio se generaron 414 Kg de residuos de laboratorio, los residuos que más se produjeron son las bases y ácidos orgánicos, 25 y 24% del total respectivamente, confirmando los resultados obtenidos en el instrumento de encuesta. Cabe anotar que esta caracterización se basó en el sistema de segregación actual del laboratorio, y los tipos de residuos segregados y almacenados no cumplen con los lineamientos establecidos por la normativa actual. En la gráfica siguiente podemos observar el porcentaje de participación de los residuos generados en el periodo de estudio:

Figura 6-9 Grafico Generación de Residuos peligrosos



Fuente: Autor

Bavaria (2015) que cita (Ramos Alvariño, Espinosa Lloréns, López Torres, & Pellón Arrechea, 2005), afirma que los residuos líquidos generados en los laboratorios suponen un problema por la variedad de residuos en su composición y concentración, que se derivan de las diferentes modalidades de operación que allí se realizan por medio de las prácticas experimentales, siendo difícil determinar una alternativa de tratamiento para las aguas residuales de tipo industrial que reduzca su carga contaminante.

La clasificación es la herramienta fundamental para garantizar el aprovechamiento y disposición final de los residuos peligrosos.

7. Evaluación del impacto ambiental.

Para evaluar el impacto ambiental se usó de referente la metodología de Espinoza (2007), se identifica las actividades relacionadas con los vertimientos, sus efectos e impactos ambientales tanto positivos como negativos.

El proceso de identificación de aspectos e impactos ambientales se contemplaron los siguientes pasos, de acuerdo a Gama Chávez, Lozano García, Narváz Rincón, Suarez Medina (2004):

- Identificación de actividades
- Identificación de aspectos ambientales
- Determinación de impactos
- Determinación de la significancia del impacto.

7.1 Identificación de aspectos e impactos ambientales

Las actividades que se realizan en el laboratorio relacionadas con las prácticas, son causa de la generación de vertimientos y residuos peligrosos, que a su vez son causas de los impactos ambientales de las actividades del laboratorio.

El volumen que se produce de residuos peligrosos es bajo, comparando con otras actividades industriales, pero tienen altos riesgos para la salud y para el medio ambiente.

Existen riesgos potenciales al verter sustancias químicas a los cuerpos de agua, debido a la falta de procedimiento de tratamiento y segregación.

Tabla 7-1 Identificación de aspectos e impactos ambientales.

ACTIVIDAD	CAUSA	IMPACTO	SIGNIFICANCIA
Desarrollo de prácticas de laboratorio.	Generación de vertimientos	Contaminación del agua por vertimiento a las redes de alcantarillado.	Alta
Desarrollo de prácticas de laboratorio.	Acumulación de residuos químicos (líquidos y sólidos)	Generación de gases, vapores y humos tóxicos. Emisión de gases de efecto invernadero. Daños a infraestructura.	Alta
Desarrollo de prácticas de laboratorio.	Generación de residuos no peligrosos.	Alteración de propiedades físico-químicas del agua	Alta
Desarrollo de prácticas de laboratorio.	Consumo de recursos naturales.	Consumo de energía. Consumo de agua	Baja
Uso de productos químicos en las prácticas de laboratorio.	Uso de reactivos peligrosos	Afectación a la salud de los usuarios y al medio ambiente.	Alta

Fuente: Autor

Para establecer la significancia de cada impacto ambiental que se identificó, se tuvo en cuenta la recolección de información, la cantidad y clasificación de peligro de las sustancias que se usan en los laboratorios de química del SENA, Centro de Gestión Industrial y la clasificación del WGK.

Con base en las hojas de seguridad de las sustancias químicas utilizadas, se identificó los peligros (frases H), que a su vez sirven para establecer la categoría de peligro WGK (contaminación del agua).

La clasificación de peligrosidad de las sustancias según el SGA (sistema globalmente armonizado) hacen que la significancia del impacto sea alta, hay sustancias clasificadas con peligros físicos: sólidos y líquidos inflamables, líquidos y sólidos comburentes, peróxidos orgánicos. Con peligros para la salud: toxicidad aguda, corrosión/irritación cutánea y peligros para el medio ambiente. SGA (2017)

La mayoría de las sustancias utilizadas en el laboratorio tienen algún grado de toxicidad y generan un peligro para la salud, por esta razón la significancia de este impacto es alta.

Los vertimientos de estas sustancias causan un impacto ambiental negativo significativo, ya que el tratamiento de estos vertimientos es específico y complejo, al mezclar una serie de reactivos dificulta el tratamiento de dicho residuo.

La acumulación de residuos peligrosos genera un impacto ambiental negativo significativo, ya que las mezclas incompatibles de sustancias químicas generan emisiones y vapores nocivos para la salud.

Estas mezclas pueden ser explosivas, inflamables o corrosivas causando peligros físicos a la infraestructura del laboratorio.

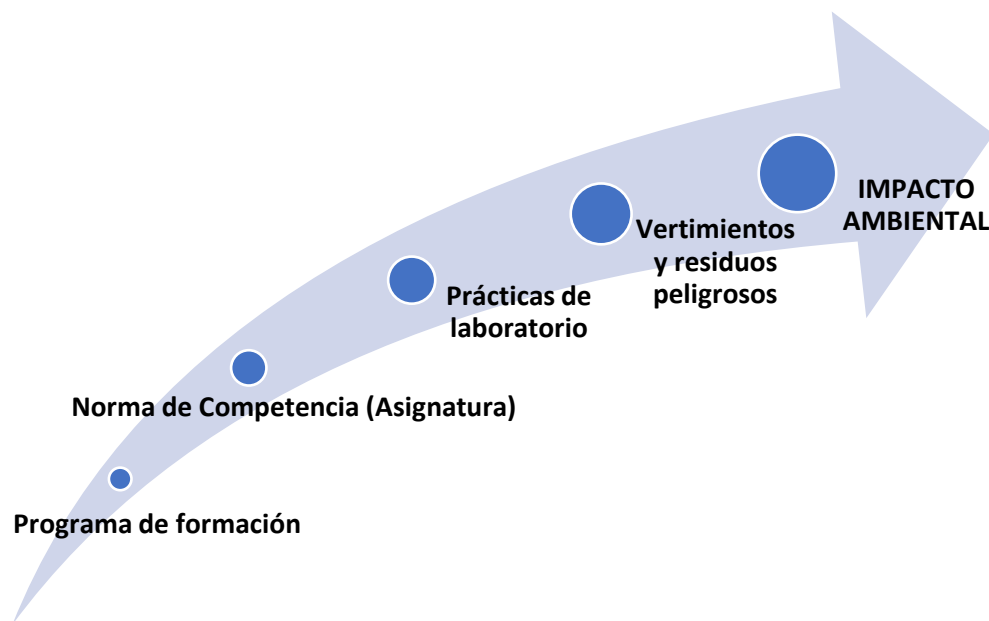
Los impactos que producen las actividades del laboratorio son negativos y significativos, se deben estudiar específicamente cada sustancia, ya que su tratamiento y/o disposición final debe ser con base en la mezcla que se segrega al recipiente colector.

8. Estrategias de mitigación

8.1 Estandarizar prácticas de laboratorio.

Cada programa de formación cuenta con un diseño curricular, que contiene una serie de competencias laborales. Para alcanzar los resultados de aprendizaje en cada competencia deben realizar prácticas de laboratorio para mejorar su desempeño. Actualmente en el centro de formación no cuenta con un listado de prácticas estandarizado, cada instructor realiza las prácticas que a su juicio son pertinentes para que el estudiante alcance los objetivos propuestos de cada competencia laboral.

Figura 8-1 Generación de Impactos de las actividades de formación.



Fuente: Autor

La primera estrategia de mitigación para evitar el impacto ambiental negativo del desarrollo de prácticas de laboratorio en los laboratorios del SENA, Centro de gestión Industrial, es estandarizar las prácticas en cada norma de competencia que se imparte en los programas de formación. Si se estandariza las practicas se lograría:

- ✓ Evitar el uso de reactivos peligrosos y/o contaminantes, con un listado de prácticas y un manual de guías de laboratorio, los instructores realizarían solo las prácticas que están en el manual.
- ✓ Controlar el uso y gasto de los reactivos, mejoraría la gestión de compras, ya que se compraría solo lo necesario.
- ✓ Incluir la metodología de tratamiento o inactivación para la segregación en el RESPEL

Con base en el diseño curricular del programa de formación se propone un listado de prácticas para estandarizar.

A continuación, se describen las normas de competencia que hacen parte del programa de formación 221111 Tecnología En Química Aplicada A La Industria (SENA, Información General Del Programa De Formación Titulada, Red Tecnológica Tecnologías De Producción Industrial) (2010):

- ✓ Realizar procedimientos de muestreo para análisis fisicoquímico, de acuerdo con los protocolos establecidos por el sector.
- ✓ Analizar muestras según procedimientos implementados por el laboratorio
- ✓ Asegurar la calidad de los ensayos desarrollados en el laboratorio de acuerdo con procedimientos definidos por la empresa.
- ✓ Supervisar y controlar variables de procesos químicos, de acuerdo con el plan de producción.
- ✓ Supervisar plantas de procesos químicos de acuerdo con las variables del proceso.
- ✓ Apoyar actividades que conduzcan a la implementación, de los sistemas de gestión, de forma individual o integrada; de acuerdo a planificación establecida por la empresa.
- ✓ Aplicar procesos mediados por microorganismos de acuerdo con protocolos establecidos en la organización.

- ✓ Realizar operaciones de alistamiento del laboratorio, según procedimientos establecidos.
- ✓ Promover la interacción idónea consigo mismo, con los demás y con la naturaleza en los contextos laboral y social
- ✓ Comprender textos en inglés en forma escrita y auditiva
- ✓ Producir textos en inglés en forma escrita y oral.

No todas las competencias realizan actividades en los laboratorios, para las prácticas que tienen ese componente, se propone el siguiente listado de prácticas, por norma de competencia y resultado de aprendizaje:

Tabla 8-1 Prácticas de laboratorio propuestas para la norma de competencia analizar muestras según procedimientos implementados por el laboratorio.

RESULTADO DE APRENDIZAJE	PRÁCTICA SUGERIDA
Realizar el montaje para el análisis de acuerdo con el protocolo de ensayo	Separación de etanol, anís y agua de un aguardiente anisado
	obtención de Eucaliptol a partir de las semillas de eucalipto
	Separación de los componentes de una tinta de esfero por cromatografía en papel
	Separación de los componentes de un colorante artificial usado en bebidas gaseosas por cromatografía en capa fina
	Hidrólisis de una piedra caliza con HCl
	Titulaciones ácido-base
Preparar muestras para la ejecución de los análisis teniendo en cuenta parámetros a determinar y técnicas analíticas a utilizar.	Determinación de humedad y cenizas en un medicamento sólido (aspirina, Dolex, etc.)
	Fusión sódica y determinación cualitativa de carbono
	Extracción líquido-líquido de la cafeína.
Preparar soluciones y reactivos de acuerdo con el protocolo de ensayo.	Preparación de soluciones de diferentes unidades de concentración para todo tipo de volumetrías, diluciones. Definir número de prácticas
Realizar ensayos de caracterización de muestras químicas, teniendo en cuenta procedimientos del laboratorio y normatividad vigente.	Comparación visual de soluciones alcalinas, neutras y ácidas frente a un indicador ácido-base (Petrucci 724)
	Obtención de un indicador de pH a partir de repollo. Química Chang pg. 734
Ejecutar técnicas de análisis químico cualitativo de acuerdo con las necesidades de la empresa.	Titulaciones ácido base: ácido fuerte-base fuerte, ácido fuerte-base débil, ácido débil-base fuerte
	Preparación de limonada fría
	Preparación de una solución buffer con ácido fosfórico - fosfato de sodio
	Preparación de una solución buffer con cloruro de amonio - amoníaco
	Preparación de una solución buffer con ácido acético - acetato de sodio

RESULTADO DE APRENDIZAJE	PRÁCTICA SUGERIDA
	Ensayos: estado (sólido, líquido, gas), color, olor, estado cristalino, ensayo de ignición, ensayos con indicadores, acción de ácidos y bases, Baeyer, ensayos de aromaticidad, ensayo del cloruro férrico
	Ensayos: calibración del termómetro, determinación de punto de fusión, punto de ebullición, índice de refracción, densidad y peso específico, rotación específica
	Ensayos: determinación de carbono e hidrógeno, fusión sódica, determinación azufre, nitrógeno (azul de Prusia) y halógenos.
	Clasificación de los compuestos orgánicos según su solubilidad
	Ácidos carboxílicos. Ensayo con: bicarbonato de sodio, indicadores, yodato/yoduro, conversión a éster y determinación como hidroxamato, equivalente de neutralización
	Alcoholes. Ensayos con: sodio metálico, ensayo con anhídrido crómico, ensayo de Lucas
	Esteres. Ensayos con: prueba de hidroxamato, hidrólisis (reconocimiento de alcoholes y ácidos), índice de saponificación
	Fenoles. Ensayos con: indicadores, cloruro férrico, nitrato cérico amónico, copulación con sales de diazonio.
	Aldehídos y cetonas. Ensayos con: 2,4-dinitrofenil hidracina, Fehling, Tollens, Schif.,
	Azúcares: Ensayo general, Molisch, Fehling, Benedict, Barfoed, Seliwanoff, Bial,
	Prueba de la llama para cationes
	Muestra problema: grupos I y II
	Determinación cualitativa de aniones: cloruros, bromuros, sulfuros, yoduros, carbonatos, nitratos, sulfatos, fosfatos y cromatos

Fuente: Autor.

Tabla 8-2 Prácticas de laboratorio propuestas para la norma de competencia realizar actividades de alistamiento en el laboratorio químico.

RESULTADO DE APRENDIZAJE	PRÁCTICA SUGERIDA
Seleccionar el material de laboratorio de acuerdo a sus características y usos	Socialización e interiorización del Manual de Uso de los Laboratorios
	Medición de volúmenes en diferentes tipos de material volumétrico
	Calibración de material volumétrico
Verificar condiciones de funcionamiento de equipos básicos del laboratorio químico, de acuerdo con los manuales de operación	Medición del pH a diferentes muestras
	Hidrólisis de sacarosa y determinación de azúcares reductores por Fehling
Realizar operaciones de limpieza y desinfección de materiales, equipos e instalaciones del laboratorio químico según procedimientos establecidos.	Práctica para implementar el procedimiento estandarizado de lavado de materiales. Uso de diferentes tipos de soluciones de lavado
	Implementación del procedimiento para la limpieza y aseo del laboratorio después de finalizada la práctica
Implementar procedimientos de almacenaje, manipulación, separación, inactivación y disposición final de reactivos y residuos generados en el laboratorio de acuerdo con las normas de protección personal y seguridad e higiene industrial	Manejo de fichas de seguridad de reactivos químicos. Identificación de las 16 secciones y sus contenidos

Fuente: Autor

Tabla 8-3 Prácticas de laboratorio propuestas para la norma de competencia asegurar la calidad de los ensayos desarrollados en el laboratorio de acuerdo con procedimientos definidos por la empresa.

RESULTADO DE APRENDIZAJE	PRÁCTICA SUGERIDA
Interpretar la documentación técnica y de seguridad de reactivos, insumos e instrumentos según especificaciones del fabricante.	Revisión de fichas técnicas, etiquetas y FDS de varios reactivos
Estandarizar soluciones químicas de trabajo de acuerdo a los requerimientos del ensayo.	Estandarización de una solución de NaOH con KHP
Realizar ensayos de muestras, replicas, blancos y estándares de acuerdo con los controles de calidad establecidos.	Determinación del porcentaje de humedad en diferentes muestras (método clásico y termo balanza). Determinación del porcentaje de cenizas en diferentes muestras Determinación de Ni por DMG Determinación de acidez total en un vinagre comercial (método clásico y titulador automático) Determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl Determinación de cloruros por el método Mohr (método clásico y titulador automático) Determinación de cloruros por el método Volhard (método clásico y titulador automático) Determinación de dureza total y cálcica en aguas con EDTA Determinación de OD por método Winkler (método clásico y oxímetro) Determinación de cloro activo en una lejía con tiosulfato de sodio Determinación de calcio en una caliza por permanganimetría Determinación de oxígeno activo en agua oxigenada por permanganimetría Potenciometría: Determinación de acidez total en un vinagre comercial; curva potenciométrica

	Karl Fisher: Determinación del contenido de agua en muestras líquidas y sólidas.
	Turbidimetría: determinación del contenido de sulfatos en agua con BaCl ₂
	UV-VIS: determinación del contenido de hierro con fenantrolina
	IR: Determinación de grupos funcionales de muestras orgánicas.
	AAS: Determinación de metales en diferentes tipos de matrices.
	CG. Separación, identificación y cuantificación de una mezcla de alcoholes.
	HPLC. Separación, identificación y cuantificación de una mezcla de ácidos carboxílicos.
	Conductividad: determinación de la conductividad en agua y en salmueras.
	Termobalanza: determinación de humedad en una muestra sólida por termogravimetría
	Viscosímetro: determinación de la viscosidad de varias muestras

Fuente: Autor

Los aspectos que se tuvo en cuenta para proponer cada practica de laboratorio fueron:

- ✓ Evitar el uso de reactivos que sean contaminantes (WGK 3)
- ✓ Evitar el uso de reactivos clasificados como peligrosos para la salud, según el Sistema Globalmente Armonizado.
- ✓ Proponer prácticas cuyos reactivos peligrosos se puedan reemplazar, tratar o disponer sin generar un impacto negativo.
- ✓ La práctica propuesta debe dar respuesta a un resultado de aprendizaje de la competencia laboral.

8.2 Minimizar el uso de reactivos peligrosos y/o contaminantes en las prácticas de laboratorio.

Se propone minimizar el uso las siguientes sustancias que son contaminantes del recurso hídrico o clasificada como peligrosa para la salud categoría de peligro 1 y 2 principalmente.

De acuerdo a Minambiente (2018), en su documento guía para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias: “La eliminación de riesgos e impactos debidos al manejo de una sustancia química peligrosa se logra sustituyendo ese insumo químico o el producto que lo contiene por otro que presente un riesgo menor. Aunque la sustitución es el método más directo para la reducción de peligro, no siempre es práctica. Se debe realizar una evaluación muy cuidadosa antes de llevar a cabo cualquier plan de sustitución para asegurar que un químico nuevo alternativo no posea un peligro mayor que el producto que se usa en la actualidad” (p 7).

Tabla 8-4 Sustancias recomendadas para uso mínimo y/o reemplazo

Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Evaluación de impactos
Acetato de etilo	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acetona	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acetonitrilo	Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	WGK 2 contamina el agua
Ácido clorhídrico 37 %	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Acido salicílico	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Ácido Sulfúrico 98 %	Corrosivos para los metales (Categoría 1), H290 Corrosión cutáneas (Categoría 1A), H314	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Evaluación de impactos
alcohol amílico	Líquido inflamable, Categoría 3, H226 Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Alcohol Isopropílico	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Anhídrido Acético	Líquido inflamable, Categoría 3, H226 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Antraceno	Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Borohidruro de sodio R.A.	Sustancias que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables, Categoría 1, H260 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360FD	WGK 2 contamina el agua
Cinc óxido	Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático, Categoría 1, H400 Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático, Categoría 1, H410	WGK 2 contamina el agua
Cloruro de Estroncio	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Cloruro de Lantano	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Evaluación de impactos
Cromato de potasio R. A	Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Mutagenicidad en células germinales, Categoría 1B, H340 Carcinogenicidad, Categoría 1B, Inhalación, H350i Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Diclorometano	Irritaciones cutáneas, Categoría 2, H315 Irritación ocular, Categoría 2, H319 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	WGK 2 contamina el agua
Dicromato de Potasio	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330 Toxicidad aguda, Categoría 4, Cutáneo, H312 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Sensibilización respiratoria, Categoría 1, H334 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Mutagenicidad en células germinales, Categoría 1B, H340 Carcinogenicidad, Categoría 1B, H350 Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360FD Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, H372 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Etanol 96 %	Líquido inflamable categoría 2	WGK 1 contamina ligeramente el agua

Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Evaluación de impactos
Éter de Petróleo	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373 Peligro de aspiración, Categoría 1, H304 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	WGK 3 muy contaminante para el agua
Éter Etilico	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373 Peligro de aspiración, Categoría 1, H304 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	WGK 3 muy contaminante para el agua
Fenol	Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341 Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331 Toxicidad aguda, Categoría 3, Cutáneo, H311 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Sistema nervioso central, Riñón, Hígado, Piel, H373 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314	WGK 2 contamina el agua
fenolftaleína 0,1 %	Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341 Carcinogenicidad, Categoría 1B, H350 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f	WGK 3 muy contaminante para el agua
Ferroina	Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412	WGK 2 ponen en peligro significativamente el agua

Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Evaluación de impactos
Hexano	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361fd Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Inhalación, Sistema nervioso, H373 Peligro de aspiración, Categoría 1, H304 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	WGK 2 contamina el agua
Hidróxido de amonio	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400	WGK 2 ponen en peligro significativamente el agua
Hidróxido de Potasio	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Hidróxido de sodio industrial	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Hidróxido de sodio R.A.	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Hidroxilamina	Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317 Carcinogenicidad, Categoría 2, H351 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400	WGK 3 muy contaminante para el agua
magnesio en polvo	Sólido pirofórico, Categoría 1, H250 Sustancias que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables, Categoría 1, H260	NWG ningún peligro para el agua

Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Evaluación de impactos
Mercurio (II) cloruro	Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f Toxicidad aguda, Categoría 2, Oral, H300 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Riñón, H372 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Mercurio (II) nitrato monohidrato	Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330 Toxicidad aguda, Categoría 1, Cutáneo, H310 Toxicidad aguda, Categoría 2, Oral, H300 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Mercurio (II) sulfato	Toxicidad aguda, Categoría 2, Oral, H300 Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330 Toxicidad aguda, Categoría 1, Cutáneo, H310 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Riñón, H373 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Negro de eriocromo T	Irritación ocular, Categoría 2, H319 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	WGK 2 contamina el agua
Nitrato de bario	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301 Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332 Irritación ocular, Categoría 2, H319	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Nitrato de plata R. A	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Permanganato de potasio	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302 Corrosión cutáneas, Categoría 1C, H314 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Potasio hexacianoferrato (III)	Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	WGK 2 contamina el agua
Rodamina B	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412	WGK 2 contamina el agua

Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Evaluación de impactos
Rojo Congo	Carcinogenicidad, Categoría 1B, H350 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361d	WGK 3 muy contaminante para el agua
Sulfato de Manganeso	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Inhalación, Cerebro, H373 Toxicidad acuática crónica, Categoría 2, H411	WGK 1 contamina ligeramente el agua
sulfato de plata	Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 3 muy contaminante para el agua
Tolueno	Líquido inflamable, Categoría 2, H225 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Sistema nervioso central, H373 Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361d Peligro de aspiración, Categoría 1, H304 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336	WGK 2 contamina el agua
Vainillina	Irritación ocular, Categoría 2, H319	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Yodato de potasio	Sólido comburente, Categoría 2, H272 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Yoduro de potasio	Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Oral, Tiroides, H372	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Zinc metálico	Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400 Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410	WGK 2 contamina el agua

La mayoría de las sustancias son de uso cotidiano, se recomienda minimizar el uso ya que es poco probable que pueda ser reemplazada.

8.3 Actualizar procedimiento de segregación de residuos peligrosos.

Uno de los principales problemas es el procedimiento de manejo de residuos químicos, los residuos generados en el laboratorio no son tratados, ni recuperados, solo se vierten en un contenedor. Estos residuos se almacenan temporalmente hasta que una empresa gestora los recoge para hacer la disposición final.

Ilustración 8-1 Fotografía RESPEL Laboratorio de Química.





El procedimiento de segregación, almacenamiento temporal cumple parcialmente con lo dispuesto en el decreto 4741, que tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente. Decreto 4741 (2005)

El principal hallazgo que genera un impacto ambiental negativo es la clasificación de los residuos, ya que no está fundamentada en un estudio y genera confusión al momento de realizar una segregación de residuos obtenidos de las prácticas de laboratorio.

A continuación, encontrara una muestra de las etiquetas con la que se entregan los residuos peligrosos a la empresa gestora.

Ilustración 8-2 Etiqueta RESPEL

FORMATO DE RESIDUOS PELIGROSOS		
TIPO DE RESIDUOS	BASES	PELIGROSIDAD
ADVERTENCIA	PELIGRO	 Corrosión cutánea
RIESGOS:	Salpicaduras, derrames	
INDICACIÓN DE PELIGRO	H314 -Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares.	
PREVENCIÓN	P260 -No respirar, vapores, polvos o nieblas. P264 -Lavarse cuidadosamente después de su manipulación. P280 -Usar guantes y equipo de protección para los ojos/la cara/ y demás elementos de protección personal.	
RESPONSABLE	Técnico de laboratorio	
FECHA DE ENVASADO		
LABORATORIO	Laboratorios de Química	
FECHA DE LLENADO		
VOLUMEN DE LLENADO MÁXIMO (80%)	20 L	

(Fuente: SENA. Laboratorio de química)

Para lograr minimizar el impacto de los residuos peligrosos existen alternativas que representan una opción significativa en cuanto a la reducción de residuos químicos generada en laboratorio, por ejemplo: experimentación a micro-escala; aumento del uso de instrumentos; Identificar usuarios comunes de un químico particular; mantener la segregación individual de corrientes residuales; desarrollo de un dinámico inventario de los químicos de laboratorio para minimizar la acumulación. (Centro Administrativo de Laboratorios Equipos y Reactivos. Batativa (2015) que cita a (CALER, 2013)

La clasificación actual de los residuos peligrosos es la siguiente:

Tabla 8-5 Clasificación RESPEL Actual

Estado físico	Nombre RESPEL	Característica peligrosidad
Residuos líquidos	Ácidos inorgánicos	Corrosivo
	Bases	Corrosivo
	Metales pesados	Tóxico
	Solventes halogenados	Inflamable
	Solventes no halogenados	Inflamable
	Oxidantes	Comburente
	Reductores	Corrosivo, tóxico, inflamable
	Ácidos orgánicos	Corrosivo

Fuente: SENA. Laboratorios de Química. Centro de gestión Industrial (2018)

En el análisis de los datos obtenidos, encontramos que hay varios reactivos que no tienen peligro para el recurso hídrico, pero que sin embargo se deben disponer de acuerdo a las recomendaciones.

A continuación, listamos los reactivos que no causan contaminación en los cuerpos de agua:

Tabla 8-6 Sustancias que no tienen peligro para los cuerpos de agua.

NWG ningún peligro para el agua		
Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Eliminación
Acido esteárico	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	
Anaranjado de metilo en solución al 0,1%	Esta mezcla no está clasificada como peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	28 Soluciones acuosas: categoría D.

NWG ningún peligro para el agua		
Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Eliminación
Carbón activado	No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008. ²	
Carbonato de calcio	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).
fructosa	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.
Lactosa monohidrato	REGLAMENTO (CE) No 1272/2008 No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.
Lantano (III) óxido	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	27 Los residuos que contengan metales valiosos deberían reciclarse; categoría H.

² REGLAMENTO (CE) No 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006.

NWG ningún peligro para el agua		
Reactivo	Clasificación de peligrosidad	Eliminación
magnesio en polvo	Sólido pirofórico, Categoría 1, H250 Sustancias que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables, Categoría 1, H260	26 Los metales alcalinos y los alcalinotérreos se colocan en un disolvente inerte y se desactivan por adición, gota a gota, de 2-.
Sacarosa	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.
Sulfato de Bario	Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.	14 Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).

Fuente: Autor

Para proponer una clasificación de RESPEL más eficiente, se deben tener en cuenta todas las sustancias químicas utilizadas en el laboratorio, incluso aquellas que no sean peligrosas para la salud ni para el medio ambiente.

La clasificación que se propone está acorde con la información de cada sustancia química obtenida de la página de Merck Millipore³, así como las fichas de datos de seguridad obtenidas de la misma fuente.

De esta fuente se obtuvo la metodología de eliminación sugerida de cada sustancia y las fichas de datos de seguridad, con ayuda de esta información, se clasifico cada sustancia de acuerdo a su riesgo y según el Sistema Globalmente Armonizado.

³ Información obtenida de www.merckmillipore.com

Se estableció una nueva propuesta de clasificación de los residuos peligrosos basada en las regulaciones actuales y estándares internacionales, principalmente el CER (catalogo europeo de residuos), decreto 4741 de 2005 y la resolución 2309 de 1986.

La metodología de eliminación obtenida de Merck Millipore es solo sugerida, es necesario evaluar químicamente cada sustancia y práctica de laboratorio, ya que las sustancias no son verdidas puras, en las prácticas se vierte una mezcla de varias sustancias. Sin embargo, sirve de base para proponer la nueva clasificación.

A continuación, varios ejemplos de las mezclas de sustancias químicas en los residuos de las prácticas de laboratorio desarrolladas en los programas de formación:

Tabla 8-7 Ejemplo de Reactivos usados en algunas prácticas de laboratorio.

Especialidad	Competencia	Nombre de la práctica	Reactivos Usados
Química Aplicada a la Industria	Asegurar la calidad de los ensayos desarrollados en el laboratorio de acuerdo con procedimientos definidos por la empresa	Determinación de cloro en muestras	Ácido clorhídrico 37 %
			Almidón
			Tiosulfato de Sodio
			Yodato de potasio
			Yoduro de potasio
Química Aplicada a la Industria	Asegurar la calidad de los ensayos desarrollados en el laboratorio de acuerdo con procedimientos definidos por la empresa	Azúcares reductores	Azul de Metileno
			Glucosa
			Hidróxido de sodio R.A. sulfato cúprico x5H ₂ O
			Tartrato de sodio y potasio
Control Ambiental	Caracterizar las muestras de agua de acuerdo a procedimientos definidos por la empresa.	DBO	Ácido Sulfúrico 98 %
			Cloruro de amonio
			Cloruro de calcio
			Cloruro de mercurio
			Cloruro férrico
			DPD
			EDTA sal di sódica
			Fosfato bibásico de potasio fosfato bibásico de sodio

			Fosfato diácido de potasio
			Hidróxido de sodio R.A.
			Sulfato de Magnesio

Fuente: Autor.

Como se puede evidenciar en la tabla anterior, por cada práctica de laboratorio se vierte una mezcla de reactivos, el tratamiento y/o segregación debe evaluarse por cada práctica y con los componentes que tienen los residuos. Sin embargo, esto se puede proponer únicamente cuando las prácticas de laboratorio estén estandarizadas, actualmente los instructores usan diferentes protocolos y diferentes reactivos para una misma práctica.

Se propone la siguiente eliminación por cada sustancia utilizada en las prácticas de laboratorio, se usa de referente las recomendaciones proporcionadas por Merck fabricante de estas sustancias:

Tabla 8-8 Tipos de Eliminación de residuos según sustancia química. [8]

Tipo de Eliminación	Reactivos
21 Las azidas pueden descomponerse con yodo (art. 104760) en presencia de tiosulfato sódico (art. 106513) con desprendimiento de nitrógeno: categoría D ó E.	Nitruro de sodio
1 Disolventes exentos de halógenos y soluciones de sustancias orgánicas fuertemente impurificados: categoría A.	Acetato de etilo, Acetona, Alcohol Isopropílico, Etanol 96 %, Éter de Petróleo, Éter Etílico, Hexano, Metanol HPLC, Tolueno
10 Los peróxidos orgánicos pueden detectarse en soluciones acuosas o disolventes orgánicos con Perex-Test® (art. 116206). Los peróxidos puros se diluyen en un disolvente adecuado o con agua a un mínimo del 10% y se añaden en pequeñas porciones bajo control de la temperatura a una solución de cloruro de hierro (II) (art. 103860). Comprobar la reacción completa con Perex-Test® (art. 116206). Categoría D. Las sustancias explosivas (clase de almacenamiento 4.1A) se envasan separadamente y se cierran herméticamente	Cloruro de hidroxilamina

Tipo de Eliminación	Reactivos
preparadas para la eliminación. Debe asegurarse suficiente desensibilización mediante agua o el medio desensibilizador indicado.	
11 Los halogenuros, anhídridos e isocianatos de ácido orgánicos, para transformarlos en los correspondientes ésteres metílicos o resp. carbamatos metílicos, se pueden añadir, gota a gota, sobre un exceso de metanol (art. 822283). Si es necesario, ajustar con solución de hidróxido sódico (art. 105587). Vertido en categoría A.	Anhídrido Acético
12 Los ácidos inorgánicos y sus anhídridos, según el caso, se diluyen o respectivamente se hidrolizan previamente, añadiéndolos bajo agitación, cuidadosamente, en agua con hielo. Seguidamente se neutraliza con solución de hidróxido sódico (art. 105587) (guantes, campana extractora). Antes del vertido en la categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535). El ácido sulfúrico fumante (óleum) se gotea cuidadosamente en ácido sulfúrico al 40 % (art. 109286), bajo buena agitación. Tener siempre cantidades suficientes de hielo a mano a efectos de refrigeración exterior. Después de enfriar, el ácido sulfúrico altamente concentrado obtenido se somete, como se indica arriba, a su tratamiento ulterior. Análogamente al ácido sulfúrico fumante (óleum)/ácido sulfúrico pueden gotearse otros anhídridos en sus correspondientes ácidos. Los gases ácidos (p. ej. halogenuros de hidrógeno, cloro, fosgeno, dióxido de azufre) se pueden pasar por una solución de sosa cáustica diluida y después de la neutralización se eliminan en la categoría D.	Ácido clorhídrico 37 %, Ácido Fosfórico 85 %, Ácido Nítrico 65 %, Ácido Sulfúrico 98 %
13 Las bases y alcoholatos, si es necesario, se diluyen introduciéndolas y agitando cuidadosamente en agua. Seguidamente se neutralizan con ácido clorhídrico (art. 100312) (guantes, campana extractora). Antes	Hidróxido de amonio, Hidróxido de Potasio, Hidróxido de sodio industrial, Hidróxido de sodio R.A.

Tipo de Eliminación	Reactivos
<p>del vaciado en categoría D ó E, comprobar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).</p>	
<p>14</p> <p>Sales inorgánicas: categoría I. Soluciones neutras de estas sales: categoría D; antes del vaciado controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (art. 109535).</p>	<p>Acetato de amonio, Azufre, Bicarbonato de sodio, Bismuto (III) nitrato, Calcio sulfato dihidrato, Carbonato de calcio, Carbonato de sodio anhidro, Cinc óxido, Cloruro de amonio, Cloruro de Cesio, Cloruro de Estroncio, Cloruro de potasio, Fosfato bibásico de potasio, Fosfato diácido de potasio, Hierro (II) sulfato heptahidrato, Hierro (III) cloruro hexahidrato, Nitrato de amonio, Nitrato de bario, Potasio hexacianoferrato (III), Sodio dihidrogenofosfato monohidrato, Sodio sulfato, Sulfato de aluminio, Sulfato de amonio, Sulfato de Bario, Sulfato de Magnesio, Sulfato de Manganeso, tri-Sodio fosfato dodecahidrato, tungstato de sodio, Yoduro de potasio, Zinc metálico</p>
<p>15</p> <p>Soluciones que contienen metales pesados y sustancias sólidas: categoría E. El níquel Raney (también el níquel Urushibara), en suspensión acuosa, puede disolverse agitando con ácido clorhídrico (art. 100312) (categoría E). El níquel Raney mismo o los residuos de filtración no deben secarse, ya que estos se autoinflaman con seguridad en el aire. Metal pesado significa en este contexto cualquier compuesto de antimonio, arsénico, cadmio, cromo (VI), cobre, plomo, níquel y estaño, así como estas sustancias en forma metálica, siempre que estén clasificadas como peligrosas (según lista de desechos V anexo 3). Otros metales pesados se recogen separadamente.</p>	<p>Amonio monovanadato, Cloruro de bario, Cloruro de níquel, Sulfato Cúprico x 5 H₂O.</p>

Tipo de Eliminación	Reactivos
<p>2</p> <p>Disolventes orgánicos halogenados y soluciones de sustancias orgánicas conteniendo halógenos: En Alemania, además de las empresas de eliminación de residuos, según el decreto alemán HKW-Abfall-Verordnung, también el distribuidor acepta el retorno de disolventes con halógenos y los purifica de nuevo por encargo pagado. De todas maneras, los disolventes conteniendo halógenos deben mantenerse separados al recogerlos y deben cumplir determinadas especificaciones. Disolventes conteniendo halógenos, fuertemente impurificados o mezclados: categoría B. Atención: no utilizar recipientes de aluminio y en caso de residuos clorados conteniendo agua tampoco utilizar recipientes de acero inoxidable (peligro de fugas por corrosión).</p>	<p>Acetonitrilo, Cloroformo, Diclorometano</p>
<p>20</p> <p>Sales y residuos de mercurio. El mercurio elemental se recoge con Chemizorb® Hg (art. 112576): categoría G.</p>	<p>Mercurio (II) nitrato monohidrato, Mercurio (II) sulfato</p>
<p>22</p> <p>Los peróxidos y oxidantes inorgánicos, así como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico (art. 106513), pueden transformarse en productos de reducción menos peligrosos; categoría D ó E. Los oxidantes difícilmente solubles se recogen separadamente en las categorías E ó I.</p>	<p>Cromato de potasio R. A, Dicromato de Potasio, Nitrato de sodio, Permanganato de potasio, Yodato de potasio, yodo sublimado</p>
<p>26</p> <p>Los metales alcalinos y los alcalinotérreos se colocan en un disolvente inerte y se desactivan por adición, gota a gota, de 2-propanol (art. 100995), bajo agitación. En caso de que la reacción transcurra muy violentamente debe hacerse reaccionar con terc-butanol u octanol. Atención: el hidrógeno que se produce en esta reacción puede conducir a explosiones de gas detonante, por ello se deben tomar las correspondientes precauciones. Una vez acabada la reacción se añade agua gota a gota; neutralizar. Categoría D. Los borohidruros de alcalinos y de alcalinotérreos se tratan, bajo agitación, con metanol (art. 106008), las amidas e hidruros de alcalinos y de alcalinotérreos, así como hidruros orgánicos de aluminio y de estaño se tratan, gota a gota, con 2-propanol (art. 100995). La mayor parte de las sustancias presentes como sustancia sólida se ponen previamente en suspensión</p>	<p>Borohidruro de sodio R.A, magnesio en polvo</p>

Tipo de Eliminación	Reactivos
<p>en un éter. Una vez acabada la reacción se hidroliza con agua, luego se neutraliza. Categoría D ó E. También para destruir el hidruro de litio y aluminio tiene que ponerse en suspensión éste en un éter. Bajo gas protector y agitación fuerte, se gotea una mezcla de acetato de etilo (art. 822277) y el éter usado en la suspensión, en la relación 1:4. Hay que prestar siempre atención a que se mezcle bien bajo agitación. Categoría A.</p>	
<p>27 Los residuos que contengan metales valiosos deberían reciclarse; categoría H.</p>	<p>Cloruro de Lantano, Lantano (III) óxido Nitrato de plata R. A sulfato de plata</p>
<p>28 Soluciones acuosas: categoría D.</p>	<p>Anaranjado de metilo en solución al 0,1%, Cloruro de Sodio, Ferroina, Tiosulfato de Sodio</p>
<p>3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.</p>	<p>4-Metoxibenzaldehído, Acetanilida, Ácido (S)-láctico aprox. 90%, Acido Benzoico, Acido salicílico, Acido Tartárico, alcohol amílico, Alfa Naftol Almidón, Antraceno, Azul de bromotimol, Azul de Metileno, benzaldehído, Biftalato de potasio, Dimetilglioxima, EDTA sal disódica, fenolftaleína 0,1 %, fructosa, Glucosa Hidroxilamina, Lactato de sodio, Lactosa monohidrato, maltosa, murexida, Negro de eriocromo T, oxalato de sodio, ribosa, Rodamina B Rojo de Metilo, Sacarosa, sulfocianuro de potasio, Tartrato de sodio y potasio, Urea, Vainillina, Verde Bromocresol</p>
<p>4 Los ácidos orgánicos líquidos o resp. soluciones se diluyen si es necesario y se neutralizan cuidadosamente con hidrogenocarbonato sódico (art. 106323) o hidróxido sódico (art. 106462). Antes del vertido</p>	<p>Ácido acético glacial, Solución ácido fórmico</p>

Tipo de Eliminación	Reactivos
<p>en la categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).</p>	
<p>5 Soluciones que contienen metales pesados y sustancias sólidas: categoría E. El níquel Raney (también el níquel Urushibara), en suspensión acuosa, puede disolverse agitando con ácido clorhídrico (art. 100312) (categoría E). El níquel Raney mismo o los residuos de filtración no deben secarse, ya que estos se autoinflaman con seguridad en el aire. Metal pesado significa en este contexto cualquier compuesto de antimonio, arsénico, cadmio, cromo (VI), cobre, plomo, níquel y estaño, así como estas sustancias en forma metálica, siempre que estén clasificadas como peligrosas (según lista de desechos V anexo 3). Otros metales pesados se recogen separadamente.</p>	<p>nitrato de plomo</p>
<p>6 Sulfuros o resp. sulfitos y otras sustancias reductoras, cianuros inorgánicos e isonitrilos: bajo agitación introducir en solución de hipoclorito sódico (art. 105614), en caso necesario dejar actuar durante varios días. Atención, algunas sustancias pueden reaccionar violentamente. Eliminar los gases tóxicos o combustibles que puedan liberarse. Destruir el exceso de oxidantes mediante tiosulfato sódico (art. 106513). Categoría D ó E.</p>	<p>Sulfito de sodio anhidro</p>
<p>9 Los compuestos combustibles caracterizados como cancerígenos y como "muy tóxicos" o "tóxicos" (aparte de disolventes): categoría F. Los sulfatos de alquilos son cancerígenos: evitar a toda costa la inhalación y cualquier contacto con la piel. Para su desactivación pueden añadirse, gota a gota mediante un embudo de decantación y agitando intensamente, a una solución concentrada de amoníaco enfriada con hielo (art. 105426). Antes del vertido a categoría D controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales (art. 109535).</p>	<p>1,10-Fenantrolina monohidrato, Fenol o-Toluidina</p>

Fuente: Merck KGaA. Documentos relacionados con los productos químicos. Darmstadt, Alemania. (2019).

Según la Comunicación de la Comisión europea— Orientaciones técnicas sobre la clasificación de los residuos (2018), "La clasificación de residuos mezclados: en caso de

que haya más de un tipo de residuo, cada uno debe evaluarse por separado. De esta manera se garantiza que todos los artículos o lotes de residuos peligrosos: — no se clasifican erróneamente como no peligrosos mediante la mezcla (dilución) con otros residuos; se identifican a tiempo para evitar que se mezclen con otros residuos, ya sea en una papelera, una bolsa, en un almacén o skip). (p29)

Con Base en el método de eliminación, la clasificación de peligros del SGA (sistema globalmente armonizado), información de las hojas de seguridad, el decreto 4741 de 2005 y Comunicación de la Comisión europea sobre las Orientaciones técnicas sobre la clasificación de los residuos, se propone la siguiente clasificación de residuos químicos de laboratorio, así como el tratamiento antes de su segregación:

Tabla 8-9 Clasificación RESPEL Propuesta

Clase de Residuo	Descripción	Residuos Vertidos	Procedimiento de Tratamiento o inactivación
<u>A</u>	Solventes orgánicos y soluciones de sustancias orgánicas que no contienen halógenos. Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A.	Acetato de etilo, Acetona, Alcohol Isopropílico, Etanol 96 %, Éter de Petróleo, Éter Etilico, Hexano, Metanol HPLC, Tolueno, 4-Metoxibenzaldehído, Acetanilida, Ácido (S)-láctico aprox. 90%. Acido Benzoico, Acido salicílico, Acido Tartárico, alcohol amílico, Alfa Naftol, Almidón, Antraceno, Azul de bromotimol, Azul de Metileno, benzaldehído, Biftalato de potasio, Dimetilglioxima, EDTA sal disódica, fenoltaleína 0,1 %,	Segregar directamente, recuperar si es posible.

Clase de Residuo	Descripción	Residuos Vertidos	Procedimiento de Tratamiento o inactivación
		fructosa, Glucosa, Hidroxilamina, Lactato de sodio, Lactosa monohidrato, maltosa, murexida, Negro de eriocromo T, oxalato de sodio, ribosa, Rodamina B, Rojo de Metilo, Sacarosa. sulfocianuro de potasio. Tartrato de sodio y potasio, Urea, Vainillina, Verde Bromocresol.	
<u>B</u>	Solventes orgánicos y soluciones de sustancias orgánicas que contienen halógenos	Cloroformo, Diclorometano	No utilizar recipientes de aluminio y en caso de residuos clorados conteniendo agua tampoco utilizar recipientes de acero inoxidable (peligro de fugas por corrosión).
<u>C</u>	Residuos sólidos orgánicos de productos químicos de laboratorio.		
<u>D</u>	Soluciones salinas; se ajusta el pH entre 6-8.	Nitruro de sodio, Hidróxido de sodio R.A., Acetato de amonio, Azufre, Bicarbonato de sodio, Bismuto (III) nitrato, Calcio sulfato dihidrato, Carbonato de calcio, Carbonato de sodio anhidro, Cinc óxido, Cloruro de amonio, Cloruro de Cesio, Cloruro de Estroncio, Cloruro	Los azidas pueden descomponerse con yodo en presencia de tiosulfato sódico. Soluciones ácidas o alcalinas se neutraliza hasta pH entre 6 y 8.

Clase de Residuo	Descripción	Residuos Vertidos	Procedimiento de Tratamiento o inactivación
		de potasio, Fosfato bibásico de potasio, Fosfato diácido de potasio, Hierro (II) sulfato heptahidrato, Hierro (III) cloruro hexahidrato, Nitrato de amonio, Nitrato de bario, Potasio hexacianoferrato (III), Sodio dihidrogenofosfato monohidrato, Sodio sulfato, Sulfato de aluminio, Sulfato de amonio, Sulfato de Bario, Sulfato de Magnesio. Sulfato de Manganeso, tri-Sodio fosfato dodecahidrato, tungstato de sodio, Yoduro de potasio, Zinc metálico, Borohidruro de sodio R.A. (1), Anaranjado de metilo en solución al 0,1%, Cloruro de Sodio, Ferroina, Tiosulfato de Sodio, Ácido acético glacial.	Controlar el valor del pH con tiras indicadoras universales de pH (1) Los borohidruros de alcalinos y de alcalinotérreos se tratan, bajo agitación, con isopropanol. Se neutraliza y dispone.
E	Residuos Inorgánicos tóxicos como sales de metales pesados y sus soluciones.	Amonio monovanadato, Cloruro de bario, Cloruro de níquel, Sulfato Cúprico x 5H ₂ O, Cromato de potasio R.A, Dicromato de Potasio (1), Nitrato de sodio, Permanganato de potasio (1), Yodato de potasio (1), yodo sublimado (1), nitrato	Los residuos de filtración no deben secarse. Metal pesado significa en este contexto cualquier compuesto de antimonio, arsénico, cadmio, cromo (VI), cobre, plomo, níquel y estaño, así como estas sustancias en forma

Clase de Residuo	Descripción	Residuos Vertidos	Procedimiento de Tratamiento o inactivación
		de plomo, Sulfito de sodio anhidro (2)	<p>metálica, siempre que estén clasificadas como peligrosas. Otros metales pesados se recogen separadamente.</p> <p>(1) Los peróxidos y oxidantes inorgánicos, así como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico.</p> <p>(2): bajo agitación introducir en solución de hipoclorito sódico.</p>
E	Compuestos Combustibles tóxicos.	1,10-Fenantrolina monohidrato, Fenol, o-Toluidina.	Los sulfatos de alquilos son cancerígenos: evitar a toda costa la inhalación y cualquier contacto con la piel. Para su desactivación pueden añadirse, gota a gota mediante un embudo de decantación y agitando intensamente, a una solución concentrada de amoníaco enfriada con hielo
G	Mercurio y residuos de sales inorgánicas de mercurio	Mercurio (II) cloruro, Mercurio (II) nitrato monohidrato, Mercurio (II) sulfato.	El mercurio elemental se debe recoger con absorbente.

Clase de Residuo	Descripción	Residuos Vertidos	Procedimiento de Tratamiento o inactivación
H	Residuos de sales metálicas regenerables	Cloruro de Lantano, Lantano (III) óxido, Nitrato de plata R.A, sulfato de plata	Se deben recolectar individualmente.
I	Residuos Inorgánicos solidos		

Fuente: Autor

La clasificación propuesta para segregar los residuos de las prácticas de laboratorio, se basa en las recomendaciones de la fuente de referencia [8], incluye una propuesta para el tratamiento y/o desactivación, que debe ser evaluada por el personal de laboratorio una vez se estandaricen las prácticas de laboratorio por norma de competencia y programa de formación.

8.4 Estrategia de educación ambiental.

Como estrategia se definió estandarización de las prácticas y dentro de la guía de laboratorio deberá estar el procedimiento de segregación final.

Se definió que se realizara una reunión técnica con los instructores del área para validar el listado de prácticas y procedimientos de segregación.

Se sugiere incluir una la charla sobre el manejo adecuado de residuos peligrosos por parte de los técnicos de laboratorio, esta charla deberá ser replicada con cada uno de los grupos que ingresan a formación, con el fin de lograr conciencia sobre el uso de productos químicos.

Las actividades del laboratorio deben ser en marco del desarrollo sostenible y las charlas ayudaran a crear cultura ambiental.

8.5 Química verde

Según Benavides, A., Vargas González, X., Chaves Barboza, G., & Rodríguez Corrales, J. (2012): Es importante indicar que la Química verde, se basa en doce principios fundamentales propuestos por Paul Anastas, y John C. Warner. Estos principios son:

1. Prevención: evitar la producción de residuos contaminantes.
2. Maximizar la economía atómica, lo cual significa el concepto de eficiencia desde el punto de vista atómico en una reacción química.
3. Síntesis menos contaminantes.
4. Diseño seguro: los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan su eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.
5. Usos disolventes, reactivos de separación, etc. lo más inocuos posible.
6. Eficiencia energética: los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto ambiental y económico, y se reduce todo lo posible.
7. Uso de materias primas renovables.
8. Reducción de derivados en los procesos físicos/químicos.
9. Uso de catalizadores en forma selecta-va en vez de utilizar reactivos en cantidades estequiométricas.
10. Degradación limpia de los productos químicos de manera que no persistan en el ambiente, sino que se transformen en productos de degradación inocuos.
11. Análisis continuo de contaminación por medio de metodologías analíticas para permitir un monitoreo y control en tiempo real del proceso.
12. Selección de sustancias en los procesos químicos que minimicen el potencial de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios

Aplicando estos 12 principios se garantiza que los impactos ambientales negativos del desarrollo de prácticas de laboratorio serán mínimos, seleccionando sustancias que no sean peligrosas para el uso en las prácticas de laboratorio (principio 12), realizando tratamiento a los residuos que se generan de las prácticas antes de realizar la segregación

(principio 10), monitoreando las prácticas, para que se realicen solo prácticas de laboratorio estandarizadas (principio 11), usando cantidades indicadas en procedimientos para utilizar reactivos solo en cantidades estequiométricas, razón de estandarizar las prácticas.

Evitar la generación de residuos, controlando la cantidad de reactivos que se usara, y reutilizando reactivos preparados, ya que, si se encuentra estandarizada la práctica, todos los grupos e instructores usaran la misma disolución de trabajo.

Según (Batativa, 2015) que cita a (Karpudewan, Ismail, & Mohamed, 2011) En su publicación informa sobre la integración de la química verde y conceptos del desarrollo sostenible, en un curso de métodos de enseñanza existentes para la química dictado a docentes universitarios, con el objetivo de introducir estrategias pedagógicas para la enseñanza de la química a nivel universitario sin alejarse del concepto de desarrollo sostenible para el cual la química verde logra ser incorporada dentro del plan de estudios de los estudiantes. (pp 46)

9. Conclusiones y recomendaciones.

9.1 Conclusiones

Se identificó la problemática ambiental asociada a las actividades del laboratorio, el uso de reactivos peligrosos para la salud y para el medio ambiente en las prácticas de laboratorio genera vertimientos y residuos que contaminan el recurso hídrico y generan un impacto ambiental significativo.

Se identificó 184 reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio, 47 de ellos con alto impacto en el recurso hídrico, clasificada como peligrosa para la salud o para el medio ambiente categoría de peligro 1 y 2. Se recomienda el uso mínimo de estas sustancias en el proceso de formación.

Se examinó el procedimiento de segregación y almacenamiento de residuos peligrosos y se estableció que cumple parcialmente con el decreto 4741 y que la clasificación de los residuos peligrosos no está acorde a los residuos generados en las prácticas de laboratorio.

Para mitigar el impacto ambiental de las actividades desarrolladas en el laboratorio de química, se propone estandarizar las prácticas que se desarrollan en cada programa de formación. Se concertó una lista de prácticas que de respuesta al objetivo de aprendizaje de cada norma de competencia y programa de formación y que no requiera reactivos clasificados como peligrosos.

Se propuso una nueva clasificación de los residuos peligrosos, con el fin de inactivar y minimizar los residuos químicos peligrosos, y en la propuesta se incluye procedimiento de tratamiento o inactivación para minimizar el impacto ambiental del mismo.

Los usuarios del laboratorio deben ser capacitados para el manejo ambiental de las prácticas y los residuos que se producen en las actividades rutinarias, con esto se garantiza que la operación del laboratorio sea en marco del desarrollo sostenible.

Como estrategia de mitigación se propuso implementar en el proceso de laboratorio la “**química verde**”, aplicando los 12 principios se garantiza que los impactos ambientales negativos del desarrollo de prácticas de laboratorio serán mínimos, seleccionando sustancias que no sean peligrosas para el uso en las prácticas de laboratorio (principio 12), realizando tratamiento a los residuos que se generan de las prácticas antes de realizar la segregación (principio 10), monitoreando las prácticas, para que se realicen solo prácticas de laboratorio estandarizadas (principio 11), usando cantidades indicadas en procedimientos para utilizar reactivos solo en cantidades estequiométricas, razón de estandarizar las prácticas.

9.2 Recomendaciones

Se recomienda implementar un programa de educación ambiental para todos los usuarios del laboratorio de química. Se debe establecer que la primera vez que un usuario ingrese a realizar actividades en el laboratorio debe ser capacitado en el procedimiento de manejo de residuos químicos peligrosos.

Se recomienda realizar validación técnica de la propuesta de clasificación de residuos químicos peligrosos, así como del listado de prácticas propuestas. Buscando que den respuesta a los resultados de aprendizaje y que el procedimiento de segregación sea acorde a los residuos generados de cada práctica.

Se recomienda que se elaboren las guías estandarizadas de las prácticas de laboratorio propuestas y que dentro de estas guías se incluyan los procedimientos de inactivación y segregación de los residuos generados.

El listado de prácticas estándar se debe evaluar, para identificar que sustancias se deben sustituir o reemplazar para minimizar el impacto ambiental.

A. Anexo Formato Encuesta Prácticas de laboratorio

17/5/2018	PRÁCTICAS DE LABORATORIO
-----------	--------------------------

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

A continuación encontrará una serie de preguntas sobre las prácticas de laboratorio que usted desarrolla en las normas de competencia técnicas de los programas de formación que orienta. Por favor contestar

***Obligatorio**

1. Dirección de correo electrónico *

2. ¿Cuales programas de formación orienta o ha orientado? *
Marque la opción del programa de formación que cursa actualmente:
Selecciona todas las opciones que correspondan.

Tecnología en Química Aplicada
 Tecnología en Control Ambiental
 Técnico en análisis de Muestras Químicas
 Tecnología en Procesos de la Industria Química

3. Describa el nombre de las prácticas de laboratorio realizadas en las normas de competencia que ha orientado. *

DATOS PERSONALES

Por favor diligencie los datos solicitados a continuación:

4. ¿NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN? *

5. NOMBRES *

6. TIPO DE IDENTIFICACIÓN *
Marca solo un óvalo.

T.I: Tarjeta de Identidad
 C.C. Cédula de Ciudadanía
 C.E. Cédula de Extranjería
 P.P: Pasaporte

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

https://docs.google.com/forms/d/1cA5qWaj0m6B8vzCivrrLo1PANxcHWLcUdxRS1Y_LSk/edit

1/3

17/5/2018

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

A continuación encontrará una serie de preguntas sobre las prácticas de laboratorio que usted desarrolla en las normas de competencia técnicas de los programas de formación que orienta. Por favor contestar

7. ¿Cuales programas de formación orienta o ha orientado? *

Marque la opción del programa de formación que cursa actualmente:
Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Tecnología en Química Aplicada
- Tecnología en Control Ambiental
- Técnico en análisis de Muestras Químicas
- Tecnología en Procesos de la Industria Química

8. Señale de las siguientes normas de competencia cuales orienta o ha orientado. *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- REALIZAR PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO, DE ACUERDO CON LOS PROTOCOLOS ESTABLECIDOS POR EL SECTOR.
- ANALIZAR MUESTRAS SEGÚN PROCEDIMIENTOS IMPLEMENTADOS POR EL LABORATORIO
- ASEGURAR LA CALIDAD DE LOS ENSAYOS DESARROLLADOS EN EL LABORATORIO DE ACUERDO CON PROCEDIMIENTOS DEFINIDOS POR LA EMPRESA.
- REALIZAR OPERACIONES DE ALISTAMIENTO DEL LABORATORIO, SEGÚN PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS.
- APLICAR PROCESOS MEDIADOS POR MICROORGANISMOS DE ACUERDO CON PROTOCOLOS ESTABLECIDOS EN LA ORGANIZACIÓN
- PROCESAR LAS MUESTRAS DE AGUAS DE ACUERDO CON LAS TÉCNICAS Y MÉTODOS ESTABLECIDOS
- CARACTERIZAR FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIO LÓGICAMENTE EL AGUA EN LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO
- Ninguna

9. Describa el nombre de las prácticas de laboratorio realizadas en las normas de competencia que ha orientado. *

10. Desde su conocimiento cuales son los reactivos más peligrosos (peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente) que utiliza en las prácticas *

B. Anexo Entrevista Semiestructurada.

17/5/2018 FORMATO ENTREVISTA

FORMATO ENTREVISTA

A continuación encontrará una serie de preguntas sobre los procedimientos de manejo de reactivos y residuos peligrosos en el laboratorio de química. Por favor contestar con veracidad.

***Obligatorio**

1. **Dirección de correo electrónico ***

2. **NOMBRES Y APELLIDOS ***

3. **TIPO DE IDENTIFICACIÓN ***
Marca solo un óvalo.

T.I: Tarjeta de Identidad

C.C. Cédula de Ciudadanía

C.E. Cédula de Extranjería

P.P: Pasaporte

4. **¿NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN? ***

5. **Cargo que desempeña dentro de la institución ***

6. **¿Existe un procedimiento de manejo para los vertimientos de laboratorio de química? ***
Marca solo un óvalo.

Sí

No

7. **¿Existe un procedimiento de manejo de los residuos generados en las prácticas de laboratorio? ***
Marca solo un óvalo.

Sí

No

8. **¿Los vertimientos de laboratorio se transportan a la red de alcantarillado por una red independiente? ***
Marca solo un óvalo.

Sí

No

No sabe

<https://docs.google.com/forms/d/1s5jdAqnSQDrV61-NIGYISMmDgYUYKtNybFLITMLx4Q/edit> 1/2

17/5/2018

FORMATO ENTREVISTA

9. **¿Existe un inventario de reactivos y residuos peligrosos? ***

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 No sabe

10. **¿Cual es el procedimiento que se lleva a cabo con los residuos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio? ***

11. **¿ Las prácticas de laboratorio que se realizan siempre son las mismas? ***


12. **¿ El laboratorio cuenta con una plan de manejo ambiental? ***

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 No sabe

13. **¿Cual cree usted que es la principal problemática ambiental del laboratorio de química? ***

C. Anexo: Formato registro uso de laboratorios

SOLICITUD DE REACTIVOS, MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS LQG-R01 V-03				 Modelo Integrado de Mejora Continua	
PROCESO: EJECUCIÓN DE LA FORMACIÓN PROCEDIMIENTO: LABORATORIOS DE QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA					
Fecha de solicitud		Fecha de la práctica		Hora	
Especialidad		Competencia		Cod. Grupo	
Código de la práctica		Nombre de la práctica			
Número de grupos de trabajo		Instructor responsable			
NOMBRE DEL REACTIVO	CANTIDAD GASTADA (g) o (mL)	UBICACIÓN	NOMBRE DEL REACTIVO	CANTIDAD GASTADA (g) o (mL)	UBICACION
ELEMENTO	CANTIDAD	ELEMENTO	CANTIDAD		
Kit de aseo	1				
Jarra para residuos	2				
Frasco lavador					
Vidrio de reloj					
Agitador de vidrio					
Espátula					
EQUIPO / INSTRUMENTO	ACCESORIO	EQUIPO / INSTRUMENTO	ACCESORIO		
_____ TÉCNICO QUE RECIBE			_____ INSTRUCTOR RESPONSABLE		
Código	LQG-R01	Versión	03	Página	1 de 1

Bibliografía

Babativa Ramirez, J S (2015). Evaluación de buenas prácticas en laboratorios de docencia universitaria: estrategias de reducción en la producción de residuos peligrosos. Manizales, Caldas, Colombia. En línea [14 de Junio de 2019} disponible en <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1135/Jhon%20Sebastian%20Bovativa%20Ramirez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Benavides Benavides, A., Vargas González, X., Chaves Barboza, G., & Rodríguez Corrales, J. (2012). Towars a chemical reagents and residues management at the teaching laboratories of the Chemistry School of the Universidad Nacional. Uniciencia, 26(1-2), 65-73. Retrieved from <https://revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/3863>

Benítez Ricardo, B.a, Dalia Vanessa Ruiz G.a, Melissa Alexandra Obando, M.a Cristian David Miranda b, Julio César Gil M. (enero-diciembre de 2013). Revista Ciencia en desarrollo, Vol 4 No 2. Gestión integral de residuos químicos generados en los laboratorios de docencia en química de la Universidad del Cauca pp 63 -72.

BERRIO, LINDA et al. SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA RESIDUOS LIQUIDOS GENERADOS EN LABORATORIOS DE ANALISIS QUIMICO. Gestión y Ambiente, [S.I.], v. 15, n. 3, p. 113-124, sep. 2012. ISSN 2357-5905. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36285/43153>>. Fecha de acceso: 09 ago. 2019

CHÁVEZ, Javier Gama et al. Environmental Management Plan for the Chemical Engineering Laboratory (LIQ) of the National University of Colombia, Bogotá. Ingeniería e Investigación, [S.I.], v. 24, n. 1, p. 35-44, jan. 2004. ISSN 2248-8723. Available at: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevinv/article/view/14720>>. Date accessed: 09 aug. 2019.

CHEMSAFETYPRO. How to Calculate German Water Hazard Class (WGK) for Substances and Mixtures. En línea}. {14 de Junio de 2019} disponible en:

https://www.chemsafetypro.com/Topics/Other/How_to_Calculate_German_Water_Hazard_Class_WGK.html

Coria, i. D. (20 de 11 de 2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. Red de revistas científicas de américa latina y el caribe, España y Portugal, 127-135.

D.c., s. J. (30 de 12 de 2005). Decreto 4741 de 2005. Decreto 4741 de 2005. Colombia.

Diario Oficial de la Unión Europea (2018). Comunicación de la Comisión — Orientaciones técnicas sobre la clasificación de los residuos. Luxemburgo. En línea [11 de agosto de 2019] disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2018:124:FULL&from=ES>.

Espinoza, G. (2007). *Gestión y Fundamentos de Evauación de Impacto ambiental*. (C. D. CED, Ed.) Santiago de Chile, Chile. En línea}. {14 de Junio de 2019} disponible en http://www.ced.cl/ced/GAM/docs/Material_Bibliografico/Gestion_y_Fundamentos_de_%20EIA_2007.pdf

Garmendia, a., salvador, a., & crespo, c. (2005). Evaluación de impacto ambiental. (m. Martín-romo, ed.) Madrid: Pearson educación.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana 5667. Calidad del Agua. Bogotá,1995, Directrices para el diseño de programas de muestreo.

Laura carolina acero castillo, j. T. (2010). Diagnostico ambiental y sanitario de los laboratorios del departamento de nutrición y bioquímica de la pontificia universidad javeriana. Diagnostico ambiental y sanitario de los laboratorios del departamento de nutrición y bioquímica de la pontificia universidad javeriana. Bogotá, Bogotá, Colombia.

Merck KGaA. Documentos relacionados con los productos químicos. Darmstadt, Alemania. (2019). En línea}. {14 de Junio de 2019} disponible en: <https://www.merckmillipore.com/CO/es/documents/Z.qb.qB.tecAAAFDDJUoznLq.nav>.

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. En línea}. {14 de Junio de 2019} disponible en https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/gestion_integral_respel_bases_conceptuales.pdf

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2018). Guías de Manejo Seguro y Gestión Ambiental para 25 sustancias químicas. Colombia. En línea [10 de Agosto de 2019] disponible en http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/guia_25_sustancias.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 631 de 17 de marzo de 2015. Bogotá, 2015, capítulo 2.

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Colombia. (25 de 10 de 2010). Decreto 3930. Decreto 3930. Diario oficial 47873.

Ministerio de Educación Nacional. (2016). Compendio Estadístico Educación Superior Colombiana. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. En línea [14 de Junio de 2019] disponible en https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-360739_recurso.pdf

NACIONES UNIDAS. Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA). Nueva York y Ginebra, 2017.

Sanitaria, d. M. (2015). Estudio del impacto ambiental generado por vertimientos. Estudio del impacto ambiental generado por vertimientos. Bogotá, Colombia.

Sostenible, m. D. (s.f.). Gestión integral de residuos o desechos peligrosos. Recuperado el 2017, de http://www.minambiente.gov.co/images/asuntosambientalesysectorialyurbana/pdf/sustancias_qu%c3%admicas_y_residuos_peligrosos/gestion_integral_respel_bases_conceptuales.pdf.

Sostenible, s. (27 de 7 de 2016). Semana sostenible. Recuperado el 02 de 09 de 2017, de semana sostenible: <http://sostenibilidad.semana.com/opinion/articulo/vertimientos-los-retos-ambientales/35704>