

# Manual para el manejo sostenible de los Residuos Peligrosos en laboratorios de Química

Claudia  
Herrera

Faisal  
Bernal

Sonia  
Valbuena



C O R P O R A C I O N  
UNIVERSIDAD  
DE LA COSTA  
1970

Manual para el manejo  
sostenible de los  
Residuos Peligrosos en  
Laboratorios de Química

Herrera Herrera, Claudia Patricia

Manual para el manejo sostenible de los residuos peligrosos en  
laboratorios de química / Claudia Patricia Herrera Herrera,  
Faisal Yamil Bernal Higueta, Sonia Valbuena Duarte.-  
Barranquilla: Educosta, 2016

104 páginas (Ebook, Formato pdf)

1. Residuos peligrosos – Medidas de seguridad
2. Almacenamiento de residuos
3. Residuos químicos
4. Tratamiento de residuos
5. Productos químicos –  
Medidas de seguridad

363.7287 H565

Co-BrCuC

Manual para el manejo  
sostenible de los  
Residuos Peligrosos en  
Laboratorios de Química

**Claudia Patricia Herrera Herrera**  
**Faisal Yamil Bernal Higueta**  
**Sonia Valbuena Duarte**



UNIVERSIDAD  
DE LA COSTA  
1970

2015



Manual para el manejo  
sostenible de los  
Residuos Peligrosos en  
Laboratorios de Química

Autor: **Claudia Patricia Herrera Herrera**  
**Faisal Yamil Bernal Higuíta**  
**Sonia Valbuena Duarte**

CORPORACIÓN UNIVERSIDAD  
DE LA COSTA CUC  
Barranquilla - Colombia - Sur América

ISBN: 978-958-8921-06-8

Primera Edición  
Editorial Universitaria de la Costa EDUCOSTA  
Corporación Universitaria de la Costa CUC  
Calle 58 No. 55-66  
Teléfono: (575) 344 3597  
educosta@cuc.edu.co

Coordinación Editorial:  
Clara Inés De la Roche

Diagramación y Diseño de Portada:  
Dolores López

Hecho el depósito que exige la ley.

© Todos los derechos reservados, 2015

Esta obra es propiedad intelectual de sus autores y los derechos de publicación han sido legalmente transferidos al editor. Queda prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del propietario de los derechos del copyright©

## Tabla de Contenido

|   |    |
|---|----|
| Introducción  | 16 |
| Objetivos del manual  | 19 |
| 1. Marco legal para el manejo de los residuos peligrosos    | 22 |
| A. Marco legal internacional                                | 22 |
| B. Marco legal colombiano                                   | 23 |
| 2. Normas básicas de seguridad en el laboratorio de química | 27 |
| De la protección personal                                   | 27 |
| Del manejo de materiales y reactivos                        | 29 |
| Información en las etiquetas de los reactivos               | 32 |
| Pictogramas de seguridad                                    | 36 |
| Frasas de riesgo y seguridad                                | 40 |
| 3. Gestión de los residuos peligrosos o RESPEL              | 56 |
| Definición de RESPEL  | 56 |
| Clases de RESPEL  | 58 |
| Características de peligrosidad                             | 59 |
| Sustancias inflamables                                      | 60 |
| Sustancias corrosivas                                       | 61 |
| Sustancias oxidantes  | 62 |
| Solventes orgánicos   | 62 |

|  |    |
|--|----|
| 4. Manejo de los RESPEL<br>del laboratorio de química_____           | 63 |
| Recolección y clasificación en la fuente_____                        | 63 |
| Almacenamiento y<br>desactivación de los RESPEL_____                 | 68 |
| Gestión integral de los RESPEL<br>del laboratorio de química_____    | 71 |
| 5. Recomendaciones para una<br>gestión sostenible de los RESPEL_____ | 79 |
| Referencias bibliográficas_____                                      | 82 |
| Anexos_____  | 89 |

## Lista de Figuras

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 1.  | Bata de laboratorio.  | 28 |
| Figura 2.  | Gafas de seguridad.   | 28 |
| Figura 3.  | Guantes de nitrilo y mascarilla para vapores químicos.  | 29 |
| Figura 4.  | Estante con reactivos químicos.   | 30 |
| Figura 5.  | Estante con material de vidrio.   | 30 |
| Figura 6.  | Campana extractora de gases.  | 31 |
| Figura 7.  | Nuevas etiquetas de sustancias químicas propuesta por el SGA-ONU.   | 34 |
| Figura 8.  | Nuevas etiquetas de sustancias químicas propuesta por el SGA-ONU y divulgada por ECHA.  | 34 |
| Figura 9.  | Etiqueta de la CEE normalizada para sustancias químicas.  | 35 |
| Figura 10. | Pictogramas anteriores al SGA de la ONU.  | 36 |
| Figura 11. | Recipientes reutilizados para envasar de forma temporal los RESPEL:<br>a) Antes de limpiarlos.<br>b) Limpios y listos para etiquetar.                     | 65 |
| Figura 12. | Recolección de los RESPEL al finalizar la práctica de laboratorio.  | 66 |
| Figura 13. | Determinación del pH de los RESPEL al finalizar la recolección semanal.<br>a) Equipo de pH. b) Medición del pH usando los guantes protectores de nitrilo. | 67 |



- Figura 14. Cuantificación de los RESPEL al finalizar la recolección semanal.\_\_\_\_\_67
- Figura 15. Volumen total de RESPEL generados en un semestre en los laboratorios de química inorgánica I (LBQ1), inorgánica II (LBQ2) y orgánica (LBORG) de la CUC.\_\_\_\_\_68
- Figura 16. Peso total de RESPEL generados en un semestre en los Laboratorio de química inorgánica I (LBQ1), inorgánica II (LBQ2) y orgánica (LBORG) de la CUC.\_\_\_\_\_68
- Figura 17. Envasado de los RESPEL en los tanques para sustancias inorgánicas sin metales pesados ni agentes redox.\_\_\_\_70
- Figura 18. Recipientes para el almacenamiento temporal de los RESPEL del Laboratorio de química.\_\_\_\_\_70
- Figura 19. Recipientes para almacenar temporalmente RESPEL con sustancias orgánicas, redox o metales pesados.\_\_\_\_71
- Figura 20. Disposición del material de vidrio partido en el laboratorio de química de la CUC y de los RESPEL sólidos en bolsas y recipientes rojos.\_\_\_\_\_74.
- Figura 21. Disposición del material de vidrio partido en el laboratorio de química de la CUC y de los RESPEL sólidos en bolsas y recipientes rojos.\_\_\_\_\_74

Figura 22. Volumen de los RESPEL líquidos de los laboratorios de química que son reutilizados o desactivados en la universidad, comparados con los que son entregados a una empresa local para su disposición final.\_\_\_\_\_77

Figura 23. Peso de los RESPEL sólidos de los laboratorios de química que son reutilizados en la universidad, en contraste con los que son entregados a una empresa local para su disposición final.\_\_\_\_77

## **Lista de Tablas**

Tabla 1. Nuevos pictogramas de la SGA-ONU.\_\_\_\_\_37

Tabla 2. Información de riesgo (Frasas R).\_\_\_\_\_41

Tabla 3. Combinación de Frases R.\_\_\_\_\_44

Tabla 4. Información de seguridad (Frasas S).\_\_\_\_\_47

Tabla 5. Combinación de Frases S.\_\_\_\_\_53

Tabla 6. Tipos de residuos.\_\_\_\_\_58

## Lista de Anexos

- Anexo 1. Planilla para registrar los RESPEL generados en cada práctica.\_\_\_\_\_89
- Anexo 2. Estudiantes participando en el proyecto cuantificando y recolectando los RESPEL después de una práctica.\_\_\_\_\_90
- Anexo 3. Capacitación en el manejo de los RESPEL a docentes y auxiliares.\_\_\_\_\_91
- Anexo 4. Capacitación en el manejo de los RESPEL a estudiantes.\_\_\_\_\_92
- Anexo 5. Socialización del plan de manejo de los RESPEL ante la comunidad académica de la Universidad de la Costa, CUC.\_\_\_\_\_93
- Anexo 6. Frases H y P que reemplazaran a las Frases S y R.\_\_\_\_\_94

## Lista de Siglas Utilizadas

|         |   |
|---------|---|
| CUC,    | Corporación Universitaria de la Costa.                        |
| RESPEL, | Residuos Peligrosos.  |
| ONU,    | Organización de las Naciones Unidas.                          |
| PNUMA,  | Programa de las Naciones Unidas<br>para el Medio Ambiente.    |
| EPA,    | Environmental Protection Agency.                              |
| UNEP,   | United Nations Environment Programme.                         |
| CETMP,  | Comité de Expertos en Transporte<br>de Mercancías Peligrosas. |
| SGA,    | Sistema Globalmente Armonizado.                               |
| GHS,    | Globally Harmonized System.                                   |
| ECHA,   | European Chemicals Agency.                                    |

## Agradecimientos

*Los frutos del trabajo nunca son producto de una labor individual porque no es posible lograr algo en la vida sin el concurso de otro ser, que nos apoye, nos aliente, nos facilite la labor, nos anime o simplemente nos tenga paciencia y nos espere.*

*Al Ser que está por encima de todo ser, Dios, por darnos la vida y las fuerzas para hacer este trabajo.*

*A Nuestras familias por tenernos paciencia y animarnos.*

*A las directivas de la CUC, en cabeza del señor Rector Tito Crissien y, en especial, al director del Departamento de Ciencias Básicas, el Ing. Dixon Salcedo, por facilitar la labor.*

*A Kevin Parra, Juan De La Hoz, Angie Valera y Alcira Cepeda, excelentes personas y estudiantes de Ingeniería que “trabajaron en campo” para recolectar información.*

*A la auxiliar del Laboratorio de Química, Liliana Romero, y a todos los estudiantes que entusiastamente participaron y cambiaron su mentalidad con respecto a los RESPEL.*

*Y por supuesto, a todos los docentes y amigos del área de Química de Ciencias Básicas: Alejandra, Isabel, Sandra, Daniel, Fabio, José y Máximo, por su apoyo durante todo el proyecto (y aún después).*

*Para todos esos seres especiales que hicieron posible que este trabajo se culminara, muchas gracias.*

**Los autores**

## Prólogo

No recuerdo y cada día me afano por entender cuándo fue la primera vez que supe de la existencia de la Ciencia, en mi caso de las Ciencias Químicas; lo que sí recuerdo es que me entusiasmaba cuando escuchaba a mis profesores hablar de las maravillas científicas, decían muchas cosas de ello, y lo que más me sorprendía de todo eran las afirmaciones relacionadas con los avances científicos y tecnológicos. Cada vez que tenía en mis ignorantes manos un objeto tecnológico nuevo, pensaba en lo maravilloso que es el mundo desconocido. Recuerdo cuando entré al primer lugar con aire acondicionado, la primera nevera que compraron en casa, el primer televisor a color, en fin, a medida que crecía sin darme cuenta me sumergía en el maravilloso mundo de la Ciencia, y mucho más cuando entré por primera vez a un laboratorio de Química a realizar una práctica seria con el objetivo de obtener un resultado y comprobar una hipótesis.

Por otro lado, también escuchaba hablar, pero con menos fuerza, sobre el calentamiento global. Escuchaba términos nuevos en voz muy bajita que decían: “hay que tener cuidado con la contaminación del medio ambiente”. Hasta ese momento relacionaba sólo el término “basura” con los desechos orgánicos generados en mi casa y en la de mis vecinos, desde el interior al exterior. Más tarde se empezó a comentar sobre los desastres ecológicos y los peligros terribles que implicaba el masivo uso y la gran proliferación de esos avances tecnológicos que una vez me maravillaron. Otras declaraciones que se hacían giraban en torno a la eficiencia, la rapidez, la limpieza y la economía.

Hoy, por circunstancias diversas y ajenas a mi primer encuentro con este tipo de eventos, estoy involucrado en trabajos relacionados con el desarrollo sostenible, con el cuidado del medio ambiente, con la clasificación y desactivación de residuos y, en muchos casos, con el mismo aprovechamiento de dichos residuos, lo que el mundo hoy le llama “reciclar”. Hoy por fin puedo entender a ciencia cierta qué es el calentamiento global y cuánto daño hacen a la salud humana y al ambiente los residuos voluntarios o involuntarios que generamos en nuestro diario vivir, pero lo más delicado es que parece un ciclo imparabile e interminable.

Creo en la afirmación: “si no evoluciono tiendo a quedar en desuso”, pero también entiendo que esa “evolución” necesaria debe ir acompañada con el buen manejo que le damos a nuestros recursos y residuos, peligrosos o no, por lo tanto, estoy invitando a nuestra comunidad, y con un grito desesperado al mundo entero, a ¡no contaminar más!, ayúdenos a reciclar, reducir y reutilizar para poder dar una vida digna a nuestro planeta y tener un ambiente sano que dejarle como legado a nuestros descendientes. Este manual es un aporte específico (a una situación puntual y local) al desarrollo sostenible y a la sensibilización de toda una comunidad académica de futuros profesionales que con un pequeño aporte individual pueden hacer la diferencia.

***MSc Daniel Alcázar Franco***

## Introducción

El manejo de los residuos se constituye en un tema relevante en la actualidad, tanto en un contexto social, como en uno ambiental y legal. En la mayoría de los países del mundo existen normas de vertimiento y tratamiento para dichos residuos, que van con el espíritu de las declaraciones de Río, del Programa 21 y del Plan de Aplicación de Johannesburgo y Colombia forma parte de esa comunidad.

Los mayores generadores de residuos peligrosos (RESPEL) son las industrias petroleras, farmacéuticas, metalúrgicas y de caucho y polímeros, pero existen otras fuentes de RESPEL que a pesar de generar relativamente pocas cantidades, no debe ignorarse el impacto ambiental que causan “gota a gota”. Una de esas fuentes son las casas o lugares de habitación de las personas que dan origen a RESPEL domésticos como productos de limpieza, insecticidas, pinturas, quitaesmaltes, etc.; otra son las instituciones educativas de enseñanza media y superior que en el desarrollo de sus actividades pedagógicas incluyen la realización de prácticas de laboratorio como complemento indispensable en el fortalecimiento de competencias específicas de cada área del saber que en ellas se imparte. Dichas prácticas generan unos residuos, que en muchos casos son inocuos al medio ambiente, pero que en otros es necesario tomar un plan de acción para evitar contribuir con la contaminación ambiental a través del vertimiento de desechos químicos en las redes locales de alcantarillado.



Durante el desarrollo de la actividad académica, se generan diversos tipos de residuos considerados como peligrosos. El gobierno colombiano, en el documento público conocido como: Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos [1], menciona que la generación de RESPEL en universidades es uno de los temas poco documentados y que normalmente no se tiene una caracterización y cuantificación de dichos residuos. Ante la eventual reglamentación para el sector educativo del manejo y disposición final de estos residuos, este Manual cobra relevancia en su implementación.

Se viene hablando de los residuos de los laboratorios de la universidades desde mediados de los años 80, y las principales instituciones de educación superior en el mundo han ido incorporando poco a poco estrategias de desarrollo sostenible y de buen manejo en esa área [2], [3]. Así mismo, las universidades nacionales han estado trabajando en lo propio [4], [5], lo cual se constituye en un referente para que la Universidad de la Costa CUC, y cualquier otra universidad interesada, entre a formar parte de este grupo de instituciones.

Si bien el presente Manual parte de la experiencia específica del área de Química del Departamento de Ciencias Básicas de la Corporación Universidad de la Costa (en adelante CUC) durante el desarrollo de las prácticas de los laboratorios de Química Inorgánica I y II y del laboratorio de Química Orgánica para estudiantes de Ingenierías y Administración Ambiental, la intención es que sirva de referencia general para cualquier experiencia de Laboratorio de Química en cualquier Universidad.

La *química verde* por su parte, se constituye en el otro referente teórico obligado de cualquier proyecto, actividad o desarrollo que involucre manipulación de sustancias químicas. ¿Por qué? Porque sencillamente es la nueva forma de hacer y usar la Química, es hacia donde el mundo está mirando y este manual no puede estar desligado de la tendencia mundial en el manejo de las sustancias químicas [6]. La mejor estrategia para manejar RESPEL es no producirlos, y dado que la química verde trabaja en el diseño, desarrollo e implementación de productos y procesos químicos que reduzcan o eliminen el uso y generación de sustancias peligrosas para la salud humana y el medio ambiente [7] es muy pertinente este enfoque en el Manual que se presenta.

## OBJETIVOS DEL MANUAL

El propósito principal de este manual es diseñar estrategias que permitan realizar un manejo sostenible de los residuos con sustancias químicas o residuos peligrosos (RESPEL) que provienen de las prácticas de los laboratorios de Química Inorgánica y de Química Orgánica.

Para poder realizar un manejo sostenible de los RESPEL del laboratorio de Química, será necesario desarrollar los siguientes objetivos específicos:

- a. Caracterizar y cuantificar los residuos químicos generados en las prácticas de los laboratorios de Química Inorgánica y de Química Orgánica. Proponer un sistema integral para el manejo *in situ*, de los residuos químicos generados en cada práctica de los laboratorios de Química Inorgánica y de Química Orgánica.
- b. Capacitar al personal involucrado en el manejo de los residuos químicos de los laboratorios de Química Inorgánica y Química Orgánica, auxiliares de laboratorio y a los docentes del área de química.

Los objetivos aquí propuestos tienen como referentes los documentos maestros expedidos por la ONU y sus divisiones, la legislación ambiental colombiana y algunos de los doce principios de la Química verde [8] desarrollados para facilitar su aplicación.

Algunos de esos principios asociados con los propósitos de este manual son:

- Principio 1: prevención de residuos (mejor evitar producir a tener que tratar).
- Principio 6: minimizar los requerimientos energéticos de los procesos, prefiriendo métodos a temperatura y presión ambiente (en el caso de la desactivación de los residuos).
- Principio 10: los productos químicos deben diseñarse de manera tal que al final de su función éstos no persistan en el medio ambiente y se degraden a productos inocuos (que faciliten su vertimiento y tratamiento).
- Principio 12: minimizar el potencial de accidentes químicos.

Se trata entonces de diseñar y aplicar unas estrategias específicas dentro del contexto académico de la Universidad con miras a generar conciencia social y desarrollar acciones locales sostenibles, caracterizando y cuantificando los residuos químicos generados en las prácticas de los laboratorios de Química Inorgánica y de Química Orgánica para desactivarlos *in situ* y disponer de ellos de forma apropiada, o para direccionarlos a una entidad acreditada en el manejo final de los RESPEL, como lo vienen haciendo las grandes instituciones de educación superior en el mundo [9]. Para desarrollar esta actividad es absolutamente necesario el apoyo y participación, de una u otra forma, de los diferentes actores institucionales como son las directivas, el

Jefe del laboratorio, los Decanos, los Directores de los pregrados, el Director del Departamento de Ciencias Básicas y los docentes del área de Química, así como los auxiliares de los laboratorios y, como una parte central del proceso, los estudiantes, quienes de manera directa participan en la generación de los RESPEL, por esa razón, se requiere que ellos mismos aporten en su manejo.

# 1. MARCO LEGAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

## *A. Marco legal internacional*

La Conferencia Internacional sobre Gestión de los Productos Químicos promovió a través de un proceso de negociación entre los gobiernos, las organizaciones intergubernamentales, las organizaciones no gubernamentales y otras entidades la adopción del “Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional” (**Strategic Approach to International Chemicals Management** – SAICM- en inglés), el cual fue aprobado y adoptado por el Consejo de Administración/Foro Ambiental Mundial a Nivel Ministerial del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en su noveno período de sesiones en Dubai, Emiratos Árabes Unidos [10], y el cual fue suscrito por Colombia, entre otros países, a través de su Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

La definición que contempla la legislación colombiana sobre un residuo peligroso tiene su origen en otras definiciones de RESPEL a nivel internacional, como la definición de la Environmental Protection Agency - EPA en Estados Unidos, el concepto del Catálogo Europeo de Residuos y el del Convenio de Basilea y la UNEP (United Nations Environment Programme). Lo anterior muestra que el concepto de RESPEL tiene una perspectiva mundial que comenzó a tomar forma y a generar acuerdos internacionales en el seno de la ONU teniendo en cuenta la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Hu-

mano (Estocolmo, 1972) [11] y las directrices y principios aprobados en el Cairo por el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para el manejo ambientalmente racional de desechos peligrosos mediante decisión 14/30 del 17 de junio de 1987 [12], el cual se encuentra entre los documentos más relevantes que llevaron a realizar el llamado Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación del 22 de marzo de 1989 y que entró en vigor el 5 de mayo de 1992 [13], y que tenía como principal objetivo, en ese momento, regular el paso y disposición final de los residuos peligrosos de países industrializados hacia otros países, llamados en desarrollo, quienes se convirtieron por mucho tiempo en “su patio trasero”, pero que eventualmente fueron tenidos en cuenta en este convenio como actores activos y quienes actualmente lideran también procesos regionales para el desarrollo sostenible.

## B. Marco legal colombiano

A partir del movimiento mundial en torno al manejo de los RESPEL, Colombia, como miembro de las Naciones Unidas (admitido el 5 de noviembre de 1945), desde la década de los setenta, ha venido incorporando en su legislación las políticas sobre la protección del medio ambiente que han surgido de la ONU a través de su estamento encargado de estos temas específicos, la UNEP (United Nations Environment Programme - en inglés) o el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - en español); de tal forma que su legislación **en materia de medio ambiente** ha ido avanzando en concordancia con los múltiples acuerdos y documentos generados por este estamento.

Para hacer “operativos” los acuerdos en materia de desarrollo sostenible, se han creado centros coordinadores regionales para el Convenio de Basilea, y es así como el Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe redactó un documento llamado “Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos. Tomo I” [14] en el marco de un proyecto cuyo objetivo es la capacitación de técnicos municipales en la gestión ambientalmente adecuada de desechos peligrosos, atendiendo las necesidades de estos actores locales y fortaleciendo la articulación con la autoridades competentes en el cumplimiento de los objetivos del Convenio de Basilea.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia utilizó este documento como referencia, entre otros, para diseñar su propio marco conceptual para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL) [15] con el objetivo de brindar a las autoridades competentes información útil para regular el manejo de dichas sustancias.

Los residuos pueden ser de diversas clases y provenir de diferentes fuentes; en una clasificación muy general, los hay sólidos, líquidos, domésticos, industriales, institucionales, reciclables, reutilizables, no aprovechables (basura) y peligrosos.

En el artículo 1 del Decreto 1713 de 2002 de la legislación ambiental colombiana, se define *residuo* como... “*cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, semisólido, líquido o gaseoso resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el*



generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final” [16] (cursivas añadidas).

También, en la legislación ambiental colombiana, en el artículo 1 del Decreto 1713 de 2002 [16], en el artículo 3 del Decreto 4741 de 2005 [17] y en el artículo 3 de la Ley 1252 de 2008 [18], se define *residuo o desecho peligroso* como:

*“...aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, puede causar riesgos, daños o efectos no deseados, directos e indirectos a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considerarán residuos peligrosos los empaques, envases y embalajes que estuvieron en contacto con ellos.”*

Como una muestra del compromiso de Colombia, el Ministerio de Ambiente, y Desarrollo Sostenible, en diciembre de 2005, presenta su Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, en la cual se menciona que la generación de residuos en las instituciones de educación es un tema poco documentado y que la mayoría de dichas instituciones (al menos hasta ese momento) no tenían identificados y cuantificados sus RESPEL o Residuos peligrosos, pero se enfatiza en la necesidad de dimensionar y controlar esa problemática. p.17 [1]. Para fortalecer dicho plan, el Congreso de Colombia promulgó la Ley 1252 de 2008 (derogando la Ley 430 de 1998), por la cual se dictan

normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. En el texto de esta ley se menciona el hecho de asumir la responsabilidad de minimizar la generación de residuos peligrosos en la fuente en el marco de políticas de producción más limpias, lo cual debe llevar al diseño de planes, sistemas y procesos adecuados para el almacenamiento y disposición final de los residuos peligrosos, que contribuyan al cuidado de la salud humana y el ambiente con el apoyo de la ingeniería y la tecnología [18].

Con base en el concepto de RESPEL establecido anteriormente, y considerando los que se han emitido internacionalmente con respecto al tema, se puede afirmar que muchos de los residuos generados en el desarrollo de las prácticas de laboratorio del área de Química son peligrosos porque presentan una o varias de las características mencionadas (tóxico, corrosivo, inflamable, con efectos dañinos para el hombre y el medio ambiente, entre otros), y que por lo tanto, deben ser tratados de una manera especial según protocolos establecidos de forma general en la normatividad colombiana e internacional.

## 2. NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA

En la actualidad, la seguridad en el lugar de trabajo es un muy aspecto importante para la preservación de la vida y salud humanas, y por ello, deben hacer parte de las normas de aseguramiento de la calidad de cualquier empresa o entidad. Uno de los lugares donde se generan residuos peligrosos o RESPEL son los laboratorios de química por el tipo de sustancias que allí se utilizan o almacenan. Por eso es necesario mencionar una serie de conductas y precauciones que deben seguirse cuando se ingresa en un laboratorio de química para realizar actividades propias de él.

### De la protección personal

El aspecto de la seguridad personal en un laboratorio de química es algo que muchas veces es tomado a la ligera por las personas, tal vez por exceso de autoconfianza o por ignorancia, pero es de recalcar que es realmente la parte más importante en el buen funcionamiento del lugar, ya que de la responsabilidad y compromiso mostrado por los involucrados en su uso dependerá el éxito de todas las actividades desarrolladas en él.

Para la protección personal se debe disponer de los siguientes implementos:

- Bata blanca, preferiblemente manga larga, no muy ajustada y que cubra hasta debajo de la cintura (Figura 1).



**Figura 1. Bata de laboratorio**

Fuente: Claudia Herrera

- Gafas de seguridad transparentes para prevenir las salpicaduras de líquidos o el contacto de las mucosas oculares con vapores (Figura 2).



**Figura 2. Gafas de seguridad.**

Fuente: Claudia Herrera

- Guantes apropiados para manipular sustancias químicas; se recomiendan de neopreno o de nitrilo y que estén de acuerdo con la talla de quien los utilizará porque de lo contrario no le permitirán una buena manipulación de los materiales (Figura 3).



**Figura 3. Guantes de nitrilo y mascarilla para vapores químicos**

Fuente: Claudia Herrera

- Una mascarilla para el manejo de vapores químicos cuyo filtro dependerá del tipo de sustancias que se espere manipular. En general una mascarilla con filtro para vapores orgánicos será suficiente (Figura 3).
- Zapatos cerrados con suela antideslizante.
- Se recomienda, además, el uso de ropa cómoda y adecuada para el lugar. A las mujeres se les sugiere llevar el cabello recogido. Nadie debe consumir alimentos dentro del laboratorio ni fumar.

## **Del manejo de materiales y reactivos**

Los materiales y reactivos son los que permiten el desarrollo de actividades científicas o académicas dentro de un laboratorio de química. Su uso adecuado garantiza el éxito en los procesos y la integridad de quienes los utilizan. Por esto se hacen las siguientes recomendaciones:

- El material de vidrio y otros, así como los reactivos, deben estar debidamente almacenados y organizados en lugares adecuados y accesibles (Figuras 4 y 5).



**Figura 4. Estante con reactivos químicos.**

Fuente: Claudia Herrera



**Figura 5. Estante con material de vidrio.**

Fuente: Claudia Herrera

- El lugar de trabajo o mesón debe estar despejado, libre de objetos innecesarios (bolsos, maletines, etc.). El estudiante sólo debe tener a mano su libreta de observaciones y cálculos, lapiceros, calculadora y tabla periódica para consultas.

- Se debe conocer con antelación, en lo posible, con qué materiales se trabajará para evitar tener en el mesón material que no será utilizado, ya que representa un riesgo para todos.
- El material de vidrio debe ser lavado antes y después de usarlos, en primera instancia para evitar la interferencia de iones o residuos en las reacciones que se realizarán en él y al final para evitar propagar la contaminación por sustancias químicas.
- Los reactivos nunca deben manipularse sin guantes. Se usarán las gafas y la mascarilla si es un ácido, una sustancia orgánica o cualquier reactivo que desprenda vapores. Para tener clara esta información se debe observar la etiqueta del producto antes de utilizarlo.
- Aquellos reactivos que desprendan vapores deben permanecer en la campana extractora de gases y ser utilizados allí por seguridad (Figura 6).



**Figura 6. Campana extractora de gases.**

Fuente: Claudia Herrera

- Para el manejo de reactivos, se sugiere disponerlos en orden de utilización en las prácticas. Todos deben permanecer tapados tras cada utilización.
- Los reactivos sólidos deben tener disponible para su manipulación una espátula para cada uno, y para los líquidos una probeta, una pipeta o gotero, dependiendo de las cantidades. Esto ayudará a evitar la contaminación de los mismos.
- El material y los reactivos deben quedar organizados en el mismo lugar de donde se tomaron al inicio.
- En caso de una salpicadura o derrame, se debe mantener la calma pero actuar con rapidez dando aviso al docente o responsable de la práctica. En la mayoría de los reactivos aparece como primera medida de auxilio lavar con agua abundantemente y de forma pronta revisar las pautas específicas para el manejo del reactivo. De ser extremo, proceder al servicio médico.

## **Información en las etiquetas de los reactivos**

La ONU, a través del Comité de Expertos en Transporte de Mercancías Peligrosas (CETMP-ONU) del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, uno de sus estamentos para hacerla operativa, estableció una serie de normas para el etiquetado y clasificación de las sustancias peligrosas que han sido acatadas por casi todos los países miembros de la ONU, incluido, por supuesto, Colombia. Este sistema se ha ido ampliando y mejorando con revisiones periódicas y a partir de esas directrices se elaboran las etiquetas de los reactivos que llegan a los laboratorios de química. Esta información es muy importante para



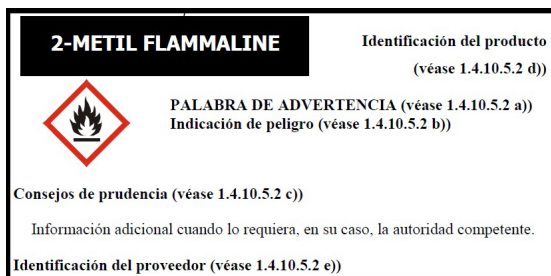
darle un adecuado uso, almacenamiento y disposición final a cada sustancia química. Con miras a contribuir con el desarrollo sostenible, la ONU, a partir del trabajo realizado por el Consejo Económico y Social, reunió a expertos del mundo con la intención de crear un sistema mundial común para la clasificación, el etiquetado y las fichas de datos de los productos químicos. Es así como, luego de más de una década de trabajo, surge el “Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetados de productos químicos” (SGA en español) o *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals* (GHS en inglés). Este sistema busca también armonizar la información con sectores como el de la seguridad en el trabajo o la protección de los consumidores, así como con el sector de transporte de sustancias peligrosas entre países [19].

Durante la conferencia de la ONU sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) realizada en 1992, se aprobó el mandato internacional que dio el impulso para iniciar esta tarea de unificar a nivel mundial los criterios con respecto a la clasificación, las etiquetas y las hojas de seguridad de las sustancias químicas. En el párrafo 19.27 del Programa 21 aparece consignado:

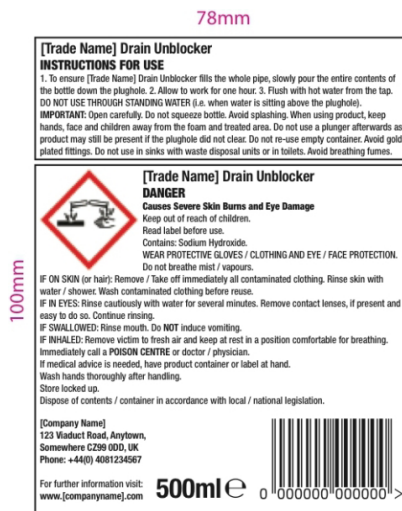
*“Para el año 2000 debería disponerse, dentro de lo posible, de un sistema de clasificación y etiquetado armonizado mundialmente, que contenga fichas de datos sobre la seguridad de distintos productos químicos y símbolos de fácil comprensión” [20].*

Como consecuencia de este trabajo surge el SGA (Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetados de productos químicos) que se ha venido imple-

mentando paulatinamente con sus actualizaciones cada 2 años. Es así como se sugiere una nueva forma de etiquetado (Figura 7 y 8) de sustancias químicas basada en el SGA y que puede ser comparada con la versión anterior de la ECHA –European Chemicals Agency- (no armonizada) pero utilizada ampliamente (Figura 9).

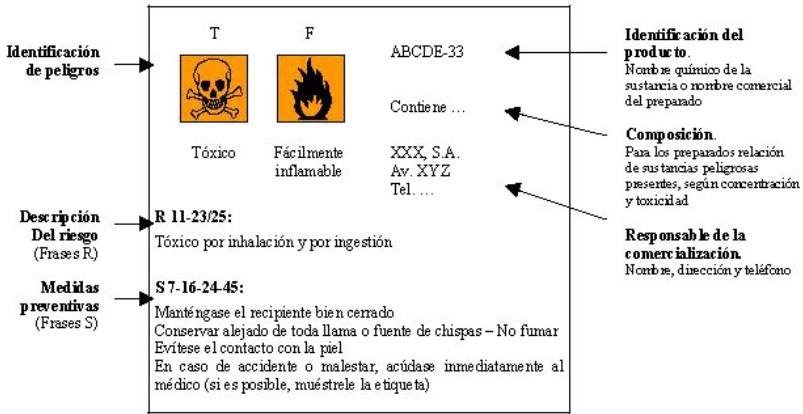


**Figura 7. Nuevas etiquetas de sustancias químicas propuestas por el SGA-ONU. Documento SGA [19].**



**Figura 8. Nuevas etiquetas de sustancias químicas propuesta por el SGA-ONU y divulgada por ECHA [21].**

Un ejemplo de etiqueta se muestra a continuación:



**Figura 9. Etiqueta de la CEE normalizada para sustancias químicas [22].**

Actualmente se está en un estado de “transición” entre un sistema y otro, ya que el objetivo es lograr “hablar un solo lenguaje”, y se espera que para junio de 2017 esto se haya logrado [19].

La información de las etiquetas puede resultar compleja en primera instancia, pero se trata de dar la mayor cantidad de información en el menor espacio posible y de la forma más clara. En la cotidianidad tal vez no toda la información sea utilizada, pero hay datos absolutamente relevantes al momento de manipular una sustancia química, como su identificación (nombre), pictogramas, palabras de advertencia y consejos de prudencia. No se trata de aprenderse de memoria la información, se trata de reconocerla, poder ampliarla en caso de ser necesario y saber utilizarla.

## Pictogramas de seguridad

En el mismo sentido de la propuesta de un sistema de clasificación y etiquetado de sustancias químicas, la ONU, a través de su SGA, propone unos “nuevos símbolos de advertencia”.

Un pictograma es una imagen en una etiqueta que incluye un símbolo de advertencia y colores específicos destinados a proporcionar información sobre el daño que una sustancia o mezcla en particular pueden causar a la salud o el medio ambiente [23]. Los pictogramas que seguirán vigentes hasta el 2017 y que van a ser reemplazados se muestran en la Figura 10. En la Tabla 1 se presentan los nuevos pictogramas y a los que reemplaza.
















Figura 10. Pictogramas anteriores al SGA de la ONU.

**Tabla 1. Nuevos pictogramas de la SGA-ONU [21].**

**Traducción: Claudia Herrera.**

| Nombre - Símbolo  | Pictograma nuevo  | Significado  | Pictograma que reemplaza  |
|---|---|--|---|
| <p><b>Gas a presión</b></p> <p>Símbolo:<br/>Cilindro de gas</p>   |    | <p>Contiene gas a presión; pueden explotar si se calientan.</p> <p>Contiene gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.</p>   | <p>No hay símbolo existente para este pictograma de peligro.</p>                    |
| <p><b>Explosivo</b></p> <p>Símbolo:<br/>Bomba que explota</p>     |    | <p>Explosivo inestable.</p> <p>Explosivo; peligro de explosión en masa.</p> <p>Explosivo; grave peligro de proyección.</p> <p>Explosivo; fuego, llama o peligro de proyección.</p> <p>Puede causar una explosión en masa.</p>                |    |
| <p><b>Comburentes</b></p> <p>Símbolo:<br/>Llama sobre círculo</p> |   | <p>Puede provocar o agravar un incendio; comburente.</p> <p>Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.</p>  |   |
| <p><b>Inflamable</b></p> <p>Símbolo:<br/>Llama</p>                |  | <p>Gas extremadamente inflamable.</p> <p>Gas inflamable.</p> <p>Aerosol extremadamente inflamable.</p> <p>Aerosol inflamable.</p> <p>Líquido y vapores muy inflamables.</p> <p>Líquidos y vapores inflamables.</p> <p>Sólido inflamable.</p> |  |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <p><b>Corrosivo</b></p> <p>Símbolo:<br/>Corrosión</p>                        |    | <p>Puede ser corrosivo para los metales.<br/>Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares.</p>  | <br>     |
| <p><b>Riesgos para la salud.</b></p> <p>Símbolo:<br/>Signo de admiración</p> |    | <p>Puede causar irritación del tracto respiratorio.<br/>Puede provocar somnolencia o mareos.<br/>Puede provocar una reacción alérgica en la piel.<br/>Provoca irritación ocular grave.<br/>Provoca irritación de la piel.<br/>Nocivo en caso de ingestión.<br/>Nocivo en contacto con la piel.<br/>Nocivo si se inhala.<br/>Causa daños a la salud pública y el medio ambiente al destruir el ozono en la atmósfera superior.</p> |   |
| <p><b>Toxicidad aguda</b></p> <p>Símbolo:<br/>Cráneo y tibias cruzadas.</p>  |  | <p>Fatal si se ingiere.<br/>Mortal en contacto con la piel.<br/>Mortal si se inhala.<br/>Tóxico si se ingiere.<br/>Tóxico en contacto con la piel.<br/>Tóxico en caso de inhalación.</p>  | <br> |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <p><b><i>Peligro para la salud</i></b></p> <p>Símbolo:<br/>Peligro para la salud</p>     |    | <p>Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.</p> <p>Provoca daños en los órganos.</p> <p>Puede provocar daños en los órganos, en la fertilidad o dañar al feto.</p> <p>Se sospecha que perjudica la fertilidad o el feto.</p> <p>Puede causar cáncer.</p> <p>Se sospecha que provoca cáncer.</p> <p>Puede provocar defectos genéticos.</p> <p>Se sospecha que provoca defectos genéticos.</p> <p>Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias si se inhala.</p> | <br> |
| <p><b><i>Peligroso para el medio ambiente</i></b></p> <p>Símbolo:<br/>Medio ambiente</p> |  | <p>Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.</p> <p>Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.</p>  |   |

## Frases de riesgo y seguridad

Las frases de riesgo y seguridad sirven de guía en el etiquetado de productos químicos peligrosos para garantizar su uso seguro y sobretodo el bienestar de las personas que los utilizan. Sin embargo, hay que aclarar que de acuerdo con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) aprobado por las Naciones Unidas, estas frases se reemplazarán por frases H (indicaciones de peligro) y frases P (consejos de prudencia). En el Anexo 6 se presenta el significado y la lista de las frases H y P.

Las frases de riesgo expresan una descripción general de los riesgos fisicoquímicos, ambientales y sanitarios de una sustancia, y las frases de seguridad le proporcionan información sobre el almacenamiento seguro, el manejo, la eliminación, los primeros auxilios y la protección del personal. La información de riesgo y seguridad tiene que entregarse si la preparación contiene al menos una sustancia clasificada como peligrosa para el hombre o el medio ambiente o si la preparación se considera peligrosa de otra manera [19]. El sistema SGA presenta una propuesta en la que usa los términos, consejos de prudencia y elementos de comunicación de peligros, es decir, pictogramas, palabras de advertencia e indicaciones de peligro, éstos últimos representados por un código alfanumérico [24].

Por accesibilidad y por continuar vigentes, a continuación se relacionan las frases R (Risk o Riesgo) y las frases S (Safety o Seguridad) que en este momento resultan más operativas para el trabajo académico e investigativo de los laboratorios de química emitidas por la empresa Merck.



**Tabla 2. 4**

|      |   |
|------|---|
| R 1  | Explosivo en estado seco.   |
| R 2  | Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.      |
| R 3  | Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición. |
| R 4  | Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.                              |
| R 5  | Peligro de explosión en caso de calentamiento.                                    |
| R 6  | Explosivo en contacto o sin contacto con el aire.                                 |
| R 7  | Puede provocar incendios.   |
| R 8  | Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.                           |
| R 9  | Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.                        |
| R 10 | Inflamable.   |
| R 11 | Fácilmente inflamable.  |
| R 12 | Extremadamente inflamable.  |
| R 14 | Reacciona violentamente con el agua.  |
| R 15 | Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.                 |
| R 16 | Puede explotar en mezcla con sustancias comburentes.                              |
| R 17 | Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.                               |
| R 18 | Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.              |
| R 19 | Puede formar peróxidos explosivos.  |
| R 20 | Nocivo por inhalación.  |
| R 21 | Nocivo en contacto con la piel.   |

|      |  |
|------|--|
| R 22 | Nocivo en caso de ingestión.                             |
| R 23 | Tóxico por inhalación.                                   |
| R 24 | Tóxico en contacto con la piel.                          |
| R 25 | Tóxico en caso de ingestión.                             |
| R 26 | Muy tóxico por inhalación.                               |
| R 27 | Muy tóxico en contacto con la piel.                      |
| R 28 | Muy tóxico por ingestión.                                |
| R 29 | En contacto con agua libera gases tóxicos.               |
| R 30 | Puede inflamarse fácilmente al usarlo.                   |
| R 31 | En contacto con ácidos libera gases tóxicos.             |
| R 32 | En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.         |
| R 33 | Peligro de efectos acumulativos.                         |
| R 34 | Provoca quemaduras.                                      |
| R 35 | Provoca quemaduras graves.                               |
| R 36 | Irrita los ojos.   |
| R 37 | Irrita las vías respiratorias.                           |
| R 38 | Irrita la piel.  |
| R 39 | Peligro de efectos irreversibles muy graves.             |
| R 40 | Posibles efectos cancerígenos.                           |
| R 41 | Riesgo de lesiones oculares graves.                      |
| R 42 | Posibilidad de sensibilización por inhalación.           |
| R 43 | Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.  |
| R 44 | Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado. |
| R 45 | Puede causar cáncer.                                     |
| R 46 | Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.        |

|      |   |
|------|---|
| R 48 | Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.          |
| R 49 | Puede causar cáncer por inhalación.   |
| R 50 | Muy tóxico para los organismos acuáticos.   |
| R 51 | Tóxico para los organismos acuáticos.   |
| R 52 | Nocivo para los organismos acuáticos.   |
| R 53 | Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.     |
| R 54 | Tóxico para la flora.   |
| R 55 | Tóxico para la fauna.   |
| R 56 | Tóxico para los organismos del suelo.   |
| R 57 | Tóxico para las abejas.   |
| R 58 | Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.              |
| R 59 | Peligroso para la capa de ozono.  |
| R 60 | Puede perjudicar la fertilidad.   |
| R 61 | Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.                      |
| R 62 | Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.                                       |
| R 63 | Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.              |
| R 64 | Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.                       |
| R 65 | Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar.                                 |
| R 66 | La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel. |
| R 67 | La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.                    |
| R 68 | Posibilidad de efectos irreversibles.   |

**Tabla 3. 4**

|            |  |
|------------|--|
| R 14/15    | Reacciona violentamente con el agua, liberando gases extremadamente inflamables.           |
| R 15/29    | En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables.                |
| R 20/21    | Nocivo por inhalación y en contacto con la piel.   |
| R 20/21/22 | Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.                            |
| R 20/22    | Nocivo por inhalación y por ingestión.   |
| R 21/22    | Nocivo en contacto con la piel y por ingestión.  |
| R 23/24    | Tóxico por inhalación y en contacto con la piel.   |
| R 23/24/25 | Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.                            |
| R 23/25    | Tóxico por inhalación y por ingestión.   |
| R 24/25    | Tóxico en contacto con la piel y por ingestión.  |
| R 26/27    | Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel.                                       |
| R 26/27/28 | Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.                        |
| R 26/28    | Muy tóxico por inhalación y por ingestión.   |
| R 27/28    | Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión.  |
| R 36/37    | Irrita los ojos y las vías respiratorias.  |
| R 36/37/38 | Irrita los ojos, las vías respiratorias y la piel.   |
| R 36/38    | Irrita los ojos y la piel.   |
| R 37/38    | Irrita las vías respiratorias y la piel.   |
| R 39/23    | Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.                        |
| R 39/23/24 | Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel. |

|               |  |
|---------------|--|
| R 39/23/24/25 | Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.                  |
| R 39/23/25    | Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.  |
| R 39/24       | Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.  |
| R 39/24/25    | Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.                              |
| R 39/25       | Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.   |
| R 39/26       | Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.  |
| R 39/26/27    | Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.                         |
| R 39/26/27/28 | Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.              |
| R 39/26/28    | Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.                                    |
| R 39/27       | Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.                                      |
| R 39/27/28    | Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.                          |
| R 39/28       | Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.   |
| R 42/43       | Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.   |
| R 48/20       | Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.                        |
| R 48/20/21    | Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel. |

|               |   |
|---------------|---|
| R 48/20/21/22 | Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión. |
| R 48/20/22    | Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.                       |
| R 48/21       | Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.                         |
| R 48/21/22    | Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.             |
| R 48/22       | Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.                                    |
| R 48/23       | Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.                                   |
| R 48/23/24    | Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.            |
| R 48/23/24/25 | Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión. |
| R 48/23/25    | Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.                       |
| R 48/24       | Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.                         |
| R 48/24/25    | Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.             |
| R 48/25       | Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.                                    |
| R 50/53       | Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.           |

|               |   |
|---------------|---|
| R 51/53       | Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. |
| R 52/53       | Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. |
| R 68/20       | Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación.  |
| R 68/20/21    | Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel.                                 |
| R 68/20/21/22 | Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión.                      |
| R 68/20/22    | Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión.  |
| R 68/21       | Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por contacto con la piel.  |
| R 68/21/22    | Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por contacto con la piel e ingestión.                                  |
| R 68/22       | Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión.   |

**Tabla 4. 4**

|       |   |
|-------|---|
| S 1   | Consérvase bajo llave.  |
| S 2   | Mantener fuera del alcance de los niños.                            |
| S 3   | Consérvase en lugar fresco.   |
| S 4   | Manténgase lejos de locales habitados.                              |
| S 5   | Consérvase en... (líquido adecuado que especificará el fabricante). |
| S 5,1 | Consérvase en agua.   |
| S 5,2 | Consérvase en petróleo.   |

|         |   |
|---------|---|
| S 5,3   | Consérvese en aceite de parafina.   |
| S 6     | Consérvese en... (gas inerte que especificará el fabricante).                         |
| S 6,1   | Consérvese en nitrógeno.  |
| S 6.2   | Consérvese en argón.  |
| S 6,3   | Consérvese en gas protector.  |
| S 7     | Mantener el recipiente cerrado herméticamente.  |
| S 8     | Manténgase el recipiente en lugar seco.   |
| S 9     | Manténgase el recipiente en lugar bien ventilado.                                     |
| S 12    | No cerrar el recipiente herméticamente.   |
| S 13    | Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.                                     |
| S 14    | Consérvese lejos de... (productos a especificar por el fabricante).                   |
| S 14.1  | Consérvese lejos de reductores, compuestos de metales pesados, ácidos y álcalis.      |
| S 14.10 | Consérvese lejos de ácidos, reductores y materiales combustibles.                     |
| S 14.11 | Consérvese lejos de sustancias combustibles.  |
| S 14.12 | Consérvese lejos de lejías y sustancias alcalinas.                                    |
| S 14.2  | Consérvese lejos de sustancias oxidantes y ácidas y de compuestos de metales pesados. |
| S 14.3  | Consérvese lejos de hierro.   |
| S 14.4  | Consérvese lejos de agua y lejías.  |
| S 14.5  | Consérvese lejos de ácidos.   |
| S 14.6  | Consérvese lejos de lejías.   |
| S 14.7  | Consérvese lejos de metales.  |
| S 14.8  | Consérvese lejos de sustancias oxidantes y ácidas.                                    |



|        |   |
|--------|---|
| S 14.9 | Consérvase lejos de sustancias orgánicas combustibles.  |
| S 15   | Conservar alejado del calor.  |
| S 16   | Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.   |
| S 17   | Manténgase lejos de materias combustibles.  |
| S 18   | Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia.  |
| S 20   | No comer ni beber durante su utilización.   |
| S 21   | No fumar durante su utilización.  |
| S 22   | No respirar el polvo.   |
| S 23   | No respirar los gases, humos, vapores, aerosoles.   |
| S 23.1 | No respirar el gas.   |
| S 23.2 | No respirar los vapores.  |
| S 23.3 | No respirar los aerosoles.  |
| S 23.4 | No respirar el humo.  |
| S 23.5 | No respirar los vapores/aerosoles.  |
| S 24   | Evítese el contacto con la piel.  |
| S 25   | Evítese el contacto con los ojos.   |
| S 26   | En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.                    |
| S 27   | Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada.  |
| S 28   | En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante). |
| S 28.1 | En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua.  |
| S 28.2 | En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón.                                    |

|        |   |
|--------|---|
| S 28.3 | En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón a ser posible también con polietilenglicol 400.                     |
| S 28.4 | En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con polietilenglicol 300 y etanol (2:1) y a continuación con abundante agua y jabón. |
| S 28.5 | En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con polietilenglicol 400.  |
| S 28.6 | En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con polietilenglicol 400 y a continuación lavar con agua abundante.                  |
| S 28.7 | En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón ácido.  |
| S 29   | No tirar los residuos por el desagüe.   |
| S 30   | No echar jamás agua a este producto.  |
| S 33   | Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.   |
| S 35   | Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.   |
| S 36   | Úsese indumentaria protectora adecuada.   |
| S 37   | Úsense guantes adecuados.   |
| S 38   | En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.  |
| S 39   | Úsese protección para los ojos/la cara.   |
| S 40   | Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese ...(productos a especificar por el fabricante).                               |
| S 40.1 | Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese mucha agua.   |
| S 41   | En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos.  |

|        |  |
|--------|--|
| S 42   | Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado.  |
| S 43   | En caso de incendio, utilizar... (indicar el tipo preciso de equipo de protección contra incendios). No usar nunca agua. |
| S 43.1 | En caso de incendio, utilizar agua.  |
| S 43.2 | En caso de incendio, utilizar agua o extintor de polvo.  |
| S 43.3 | En caso de incendio, utilizar extintor de polvo - no usar nunca agua.  |
| S 43.4 | En caso de incendio, utilizar carbono dióxido - no usar nunca agua.  |
| S 43.6 | En caso de incendio, utilizar arena - no usar nunca agua.  |
| S 43.7 | En caso de incendio, utilizar polvo extintor para metales - no usar nunca agua.  |
| S 43.8 | En caso de incendio utilizar arena, carbono dióxido o extintor de polvo – no usar nunca agua.                            |
| S 45   | En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).              |
| S 46   | En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.                            |
| S 47   | Consérvese a una temperatura no superior a... °C (productos a especificar por el fabricante).                            |
| S 47.1 | Consérvese a una temperatura no superior a 25 °C.  |
| S 48   | Consérvese húmedo con... (productos a especificar por el fabricante).  |
| S 48.1 | Consérvese húmedo con agua.  |
| S 49   | Consérvese únicamente en el recipiente de origen.  |

|        |   |
|--------|---|
| S 50   | No mezclar con... (productos a especificar por el fabricante).  |
| S 50.1 | No mezclar con ácidos.  |
| S 50.2 | No mezclar con lejías.  |
| S 50.3 | No mezclar con ácidos fuertes, bases fuertes, metales no férricos y sus sales.                                      |
| S 51   | Úsese únicamente en lugares bien ventilados.  |
| S 52   | No usar sobre grandes superficies en locales habitados.   |
| S 53   | Evítese la exposición - busque instrucciones especiales antes del uso.  |
| S 56   | Elimínense esta sustancia y su recipiente en un puesto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.     |
| S 57   | Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.                          |
| S 59   | Remitirse al fabricante o proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.                       |
| S 60   | Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.  |
| S 61   | Evitar su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.      |
| S 62   | En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase. |
| S 63   | En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima fuera de la zona contaminada y mantenerla en reposo.       |
| S 64   | En caso de ingestión, lavar la boca con agua (solamente si la persona está consciente).                             |

**Tabla 5. Combinación de Frases S [24].**

|               |  |
|---------------|--|
| S 1/2         | Consérvase bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.   |
| S 3/7         | Consérvase el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.   |
| S 3/9/14      | Consérvase en lugar fresco y bien ventilado y lejos de... (materiales incompatibles serán indicados por el fabricante).  |
| S 3/9/14,1    | Consérvase el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de reductores, compuestos de metales pesados, ácidos y álcalis.                              |
| S 3/9/14,1/49 | Consérvase únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de reductores, compuestos de metales pesados, ácidos y álcalis.      |
| S 3/9/14,2    | Consérvase el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de sustancias oxidantes y ácidas y de compuestos de metales pesados.                         |
| S 3/9/14,2/49 | Consérvase únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de sustancias oxidantes y ácidas y de compuestos de metales pesados. |
| S 3/9/14,3    | Consérvase el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de hierro.   |
| S 3/9/14,3/49 | Consérvase únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de hierro.   |
| S 3/9/14,4    | Consérvase el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de agua y lejías.  |
| S 3/9/14,4/49 | Consérvase únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de agua y lejías.  |
| S 3/9/14,5    | Consérvase el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ácidos.   |
| S 3/9/14,5/49 | Consérvase únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ácidos.   |

|               |  |
|---------------|--|
| S 3/9/14,6    | Consérvase el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de lejías.   |
| S 3/9/14,6/49 | Consérvase únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de lejías.   |
| S 3/9/14,7    | Consérvase el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de metales.  |
| S 3/9/14,7/49 | Consérvase únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de metales.  |
| S 3/9/14,8    | Consérvase el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de sustancias oxidantes y ácidas.  |
| S 3/9/14,8/49 | Consérvase únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de sustancias oxidantes y ácidas.                                    |
| S 3/9/14/49   | Consérvase únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado y lejos de... (materiales incompatibles serán indicados por el fabricante). |
| S 3/9/49      | Consérvase únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado.  |
| S 3/14        | Consérvase en lugar fresco y lejos de... (materiales incompatibles serán indicados por el fabricante).   |
| S 3/14,1      | Consérvase en lugar fresco y lejos de reductores, compuestos de metales pesados, ácidos y álcalis.   |
| S 3/14,2      | Consérvase en lugar fresco y lejos de sustancias oxidantes y ácidas y de compuestos de metales pesados.  |
| S 3/14,3      | Consérvase en lugar fresco y lejos de hierro.  |
| S 3/14,4      | Consérvase en lugar fresco y lejos de agua y lejías.   |
| S 3/14,5      | Consérvase en lugar fresco y lejos de ácidos.  |
| S 3/14,6      | Consérvase en lugar fresco y lejos de lejías.  |
| S 3/14,7      | Consérvase en lugar fresco y lejos de metales.   |

|            |  |
|------------|--|
| S 3/14,8   | Consérvese en lugar fresco y lejos de sustancias oxidantes y ácidas.   |
| S 7/8      | Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco.   |
| S 7/9      | Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar bien ventilado.   |
| S 7/47     | Manténgase el recipiente bien cerrado y consérvese a una temperatura no superior a ... °C (productos a especificar por el fabricante).   |
| S 20/21    | No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.   |
| S 24/25    | Evítese el contacto con los ojos y la piel.  |
| S 27/28    | Después del contacto con la piel, quítese inmediatamente toda la ropa manchada o salpicada y lávese inmediata y abundantemente con... (productos a especificar por el fabricante). |
| S 29/35    | No tirar los residuos por el desagüe; elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.  |
| S 29/56    | No tirar los residuos por el desagüe. Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.                               |
| S 36/37    | Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados.   |
| S 36/37/39 | Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.  |
| S 36/39    | Úsense indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara.   |
| S 37/39    | Úsense guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.   |
| S 47/49    | Consérvese únicamente en el recipiente de origen y a temperatura no superior a... °C (productos a especificar por el fabricante).  |

### 3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS O RESPEL

#### Definición de RESPEL

No existe un concepto único sobre residuos peligrosos pero sí hay un consenso general de las características que deben tener dichas sustancias y sobre todo de la importancia de darles un manejo adecuado.

Algunas de las definiciones o conceptualizaciones sobre los RESPEL a nivel internacional son:

1. *Según la Convención de Basilea.*

Para ellos hay unas 45 categorías de residuos que se consideran presumiblemente peligrosos y que clasifican utilizando la letra Y; así, se clasifican de Y1 a Y16. Además, estas categorías de residuos necesitan incluir una o varias características peligrosas: inflamable, oxidable, venenoso, infeccioso, corrosivo, ecotóxico.

2. *Según la UNEP o PNUMA:*

Un RESPEL es un residuo no radioactivo que, como consecuencia de su actividad química o característica tóxica, explosiva, corrosiva u otra, supone o puede suponer un peligro para la salud o el medio ambiente.

3. *Según la EPA (Environmental Protection Agency) en los Estados Unidos:*

Los RESPEL son residuos que luego de ser analizados presentan una de las cuatro características establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente: inflamable, reactivo, cor-



rosivo o tóxico. Además, los residuos deben ser declarados peligrosos por el generador ante las autoridades.

#### 4. *Para la Comunidad Europea:*

Manejan una lista principal de 850 tipos de residuos. Alrededor de 420 de ellos son clasificados como residuos peligrosos. Éstos son divididos en 19 categorías principales.

#### 5. *Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia:*

En el Decreto 4741 de 2005 se define *residuo o desecho peligroso*, así:

*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 [17].*

Luego de estos conceptos y de forma inequívoca, las sustancias que se generan como residuo en un laboratorio de química pueden ser catalogadas como residuos peligrosos o RESPEL.

Todas estas conceptualizaciones han llevado a que se propongan diferentes métodos de segregación en la fuente para el manejo de los RESPEL, aunque ningún método es aplicable completamente en todos los casos, ya que dependerá de la actividad que genera los residuos y del manejo que se decida darles.

## Clases de RESPEL

Los residuos se pueden clasificar en forma general según se muestra en la Tabla 6, la cual es una adaptación de la que aparece en la Norma Técnica Colombiana GTC 24.

**Tabla 6. Tipos de residuos [25].**

| Tipo de residuo            | Clasificación  | Ejemplo  |
|----------------------------|--|--|
| Residuos no peligrosos     | Aprovechable   | Cartón, papel, vidrio, plásticos, madera, textiles, cuero, residuos metálicos, empaques compuestos como los tetrapacks,  |
|                            | No Aprovechable  | Papel tissue, papeles encerados, metalizados y plastificados, vidrio plano, cerámicas, huesos, material de barrido, colillas de cigarrillos, empaques sucios, etc. |
|                            | Orgánicos-biodegradables   | Residuos de comida, cortes y podas vegetales, hojarasca.   |
| Residuos peligrosos-RESPEL | Domésticos   |  |
|                            | Electrónicos   | Pilas, aparatos eléctricos y electrónicos, bombillas fluorescentes.  |
|                            | Productos Químicos   | Aerosoles, pesticidas, aceites, pinturas, plaguicidas, fertilizantes, aceites y lubricantes usados, baterías de carros y sus respectivos envases.                  |
|                            | Residuos con riesgo biológico  | Elementos contaminados con bacterias o microorganismos patógenos, cadáveres, restos de tejidos humanos o animales, agujas, fluidos corporales, etc.                |
|                            | Medicamentos vencidos  |  |
|                            | Industriales, institucionales y comerciales  |  |
|                            | A nivel internacional, todos aquellos referenciados en el Convenio de Basilea y en Colombia los citados en los Anexos I y II del Decreto 4741 de 2005. |  |
| Residuos especiales        | Escombros, llantas usadas, colchones, muebles u otros objetos de gran volumen.   |  |

Como se puede observar, los RESPEL contemplan una gama de sustancias y elementos y cada una de ellas tiene sus propios protocolos de manejo según la normatividad nacional e internacional, pero en el caso específico de este manual se hará énfasis en los residuos de sustancias químicas y sus envases o empaques, por ser éstas el tipo de sustancia que se utilizan en las prácticas académicas e investigativas de un laboratorio de química universitario.

### *Características de peligrosidad*

La caracterización de un residuo químico peligroso pretende describirlo de tal forma que resulte inconfundible y fácil de clasificar, identificar y de manipular. En el laboratorio de química de la CUC se ha venido implementando de forma sistemática una política de *producción más limpia* que consiste en la reducción de las cantidades de reactivos usados en las prácticas y en la sustitución paulatina de sustancias químicas muy tóxicas por otras menos dañinas para la salud y el medio ambiente. Esta política está en concordancia con uno de los objetivos específicos de la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia [1].

Lo anterior se ve reflejado en una disminución de la cantidad de los RESPEL generados en las prácticas de laboratorio y de las características de peligrosidad de los mismos. Por lo tanto, y como una forma de institucionalizar la política de producción más limpia en el laboratorio de química de la CUC, luego de un

trabajo de caracterización de los RESPEL generados, se puede decir que las características de peligrosidad de esos residuos se limitan a inflamables, corrosivos, oxidantes y solventes orgánicos. A continuación se presentará una breve semblanza de cada una de éstas características.

### *Sustancias inflamables:*

Los líquidos inflamables son sustancias muy comunes en un laboratorio de química. El riesgo primario asociado es su capacidad de encenderse fácilmente y arder. Es el vapor de un líquido inflamable y no el líquido, lo que se enciende y causa el fuego [24].

La velocidad a la que un líquido se vaporiza es una función de su presión de vapor. La presión de vapor incrementa rápidamente al paso que la temperatura se eleva, al igual que la velocidad de evaporación. El punto de destello de un líquido es la temperatura más baja en que un líquido desprende un vapor. Muchos de los solventes inflamables comunes tienen un punto de destello mucho más bajo que la temperatura ambiente. Ejemplos de sustancias volátiles utilizadas en el laboratorio de química de la CUC: éter etílico, acetona, alcoholes.

Este tipo de sustancias deben almacenarse en recipientes seguros en estantes resistentes al fuego y manipularse lejos de cualquier fuente de ignición. No deben calentarse directamente a la llama sino a través de medios de calentamiento (baño maría, por ejemplo). En general, los vapores de sustancias inflamables irri-

tan los ojos y las membranas mucosas del sistema respiratorio, y en grandes cantidades son narcóticas, por eso deben manipularse en la campana extractora con los implementos de seguridad: bata, guantes de nitrilo o neopreno, gafas y mascarilla de seguridad [24].

### *Sustancias corrosivas:*

Las sustancias corrosivas son normalmente ácidas y alcalinas, pero no son los únicos materiales que pueden causar daños severos al tejido vivo. Causan daños visibles e irreversibles en el lugar de contacto, sus vapores pueden causar irritación bronquial severa por inhalación y daños en las mucosas de los ojos [24].

Los ácidos deben almacenarse separados de las bases. Algunas de estas sustancias no son corrosivas si están secas pero sí al humedecerse. Los ácidos y las bases líquidas deben manipularse en la campana extractora con los implementos de seguridad personal. En la preparación de mezclas con ácidos debe agregarse el ácido al agua nunca al revés para evitar salpicaduras. Las sustancias alcalinas al entrar en contacto con la piel provocan menos dolor que los ácidos fuertes pero si no se lava bien el área se puede generar un daño profundo [24]. Es importante al manipular sustancias corrosivas tener disponible una ducha de emergencia ya que el agua es el primer recurso en caso de un derrame. Ejemplos de sustancias corrosivas de uso común en el laboratorio de química de la CUC son: los ácidos clorhídrico, sulfúrico y nítrico, así como los hidróxidos de sodio y potasio y el amoníaco.

## **Sustancias oxidantes:**

Los agentes oxidantes presentan riesgos de incendio y explosión al tener contacto con materiales combustibles. Generalmente son corrosivos y muchos son altamente tóxicos [24]. Deben almacenarse lejos de los inflamables, compuestos orgánicos y materiales combustibles. De las sustancias corrosivas comunes, los nitratos, dicromatos y cromatos son las que se utilizan en los laboratorios de química de la CUC, en pocas cantidades y bajas concentraciones. Las sustancias corrosivas irritan los ojos y las membranas mucosas del sistema respiratorio y del tracto digestivo si se usan en grandes cantidades, por eso deben manipularse en la campana extractora con los implementos de seguridad: bata, guantes de nitrilo o neopreno, gafas y mascarilla de seguridad [24].

## ***Solventes orgánicos:***

Las sustancias orgánicas son más abundantes en la naturaleza que las inorgánicas. Su principal característica es su volatilidad. Vienen en presentación líquida y sólida. Deben almacenarse en estantes de madera lejos de cualquier fuente de calor. Los recipientes o botellas deben mantenerse cerradas tras su uso o empezaran a volatilizarse e inundar el área con los vapores, los cuales suelen ser irritantes, causar náuseas y dolores de cabeza como efectos inmediatos, pero a largo plazo, con una mayor exposición, puede causar enfermedades más serias como el cáncer o problemas renales o pulmonares, entre otras. Deben manipularse con mucha precaución y todos los implementos de seguridad (bata, guantes, gafas y mascarilla para vapores).

## 4. MANEJO DE LOS RESPEL DEL LABORATORIO DE QUÍMICA

### Recolección y clasificación en la fuente

Para cuantificar, clasificar y recoger de forma adecuada los RESPEL deben existir unas pautas o directrices que permitan su segregación en la fuente. El laboratorio de química de la CUC alberga estudiantes en práctica de tres asignaturas diferentes (actualmente Laboratorio de Inorgánica I, Laboratorio de Inorgánica II y Laboratorio de Orgánica); así, los RESPEL que se generan durante las prácticas de éstas tienen características de inflamables, corrosivos, oxidantes o con solventes orgánicos, muy pocos con metales pesados.

Existen varios **métodos de clasificación** posibles dependiendo de las características de las sustancias, de la fuente generadora y de la disposición final. Algunas propuestas son:

- Por *listas*, por ejemplo: Anexo I del Convenio de Basilea, Lista A de Basilea, Catálogo Europeo de Residuos de la UE, lista de la EPA de EE.UU.
- De acuerdo con el *origen*, por ejemplo: procesos, Anexo II del Convenio de Basilea.
- De acuerdo con las *características peligrosas*, por ejemplo: toxicidad, reactividad, Anexo III de la Convención de Basilea.
- De acuerdo con las *propiedades químicas y físicas*, por ejemplo: inorgánicas, orgánicas, aceitosas, lodos.

Ningún método será aplicable a todos los casos, por eso se propone en este manual, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas a nivel internacional y nacional, clasificar los RESPEL generados en las prácticas de laboratorio de química según sus propiedades químicas y físicas, es decir, sus grupos funcionales (inorgánicas u orgánicas), el valor del pH, el estado del residuo (sólido, líquido o gas), y si poseía algún metal pesado o sustancia oxidante muy tóxica [26].

Se sugieren entonces cinco categorías, por llamarlas así, para clasificar los RESPEL generados en el laboratorio de química de la CUC:

- Sustancias inorgánicas con pH ácido que no contienen solventes orgánicos, agentes oxidantes ( $K_2CrO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ), ni metales pesados (Pb, Hg, Cu).
- Sustancias inorgánicas con pH básico que no contienen solventes orgánicos, agentes oxidantes ( $K_2CrO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ), ni metales pesados (Pb, Hg, Cu).
- Sustancias orgánicas o sus mezclas.
- Sustancias con agentes oxidantes.
- Sustancias con metales pesados.

El trabajo en el laboratorio se realiza con cursos de 20 estudiantes divididos en subgrupos de 4 personas. Se desarrolla una experiencia práctica semanal que puede repetirse entre 3 y 16 veces dependiendo de la asignatura. Se propone iniciar con la recolección de los RESPEL en recipientes al finalizar cada práctica de acuerdo con las cantidades y según las características antes mencionadas.



Los recipientes serán reutilizados, es decir, como una acción sostenible también, y se obtendrán del mismo laboratorio, o mejor, serán envases de reactivos vacíos debidamente lavados (Figura 11 ) [27].



**Figura 11 . Recipientes reutilizados para envasar de forma temporal los RESPEL: a) Antes de limpiarlos; b) Limpios y listos para etiquetar.**

Fuente: Claudia Herrera.

Es muy importante el rol del docente y del auxiliar en esta etapa del proceso, ya que se debe involucrar de manera activa a los estudiantes en él, para ello, entre otras cosas, se debe compartir desde el principio del semestre y antes de cada práctica el plan para el manejo

sostenible de los RESPEL y las características de los residuos que se obtendrán en esa práctica. De esta forma se está generando conciencia social y ambiental en los futuros profesionales.

Luego de recolectar los residuos de cada práctica (Figura 12), según sus características en un mismo recipiente (lo cual no significa que se deba usar un único recipiente, pueden ser varios según la diversidad de residuos), se debe proceder a determinar su pH y cuantificarlos (Figuras 13 y 14).



**Figura. 12. Recolección de los RESPEL al finalizar la práctica de laboratorio.**

Fuente: Claudia Herrera.



**Figura 13. Determinación del pH de los RESPEL al finalizar la recolección semanal. a) Equipo de pH; b) Medición del pH usando los guantes protectores de nitrilo.**

Fuente: Claudia Herrera.

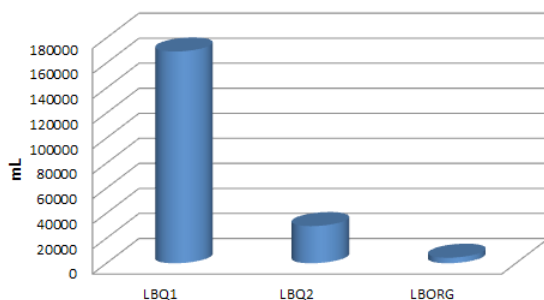


**Figura 14. Cuantificación de los RESPEL al finalizar la recolección semanal.**

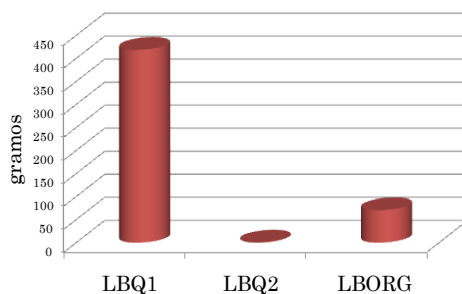
Fuente: Claudia Herrera.

## Almacenamiento y desactivación de los RESPEL

En este momento de la historia, la Universidad de la Costa CUC está en un proceso de crecimiento institucional, en calidad y en espacio físico. Lo anterior se refleja, entre otros aspectos, por el crecimiento de la población estudiantil, de esta manera, la generación de los RESPEL es proporcional a dicha población, como lo sugieren los siguientes diagramas (Figuras 15 y 16).



**Figura 15. Volumen total de RESPEL generados en un semestre en los laboratorios de química inorgánica I (LBQ1), inorgánica II (LBQ2) y orgánica (LBORG) de la CUC.**



**Figura 16. Peso total de RESPEL generados en un semestre en los laboratorios de química inorgánica I (LBQ1), inorgánica II (LBQ2) y orgánica (LBORG) de la CUC.**

Como se muestra en las Figuras 15 y 16, los cursos de laboratorio de química Inorgánica I son los que generan la mayor cantidad de RESPEL ya que se abren varios grupos de esta asignatura para atender la población alta de estudiantes de los primeros semestres. Este aspecto (tamaño de la población) es importante conocerlo cada semestre para determinar el tamaño o capacidad de los contenedores o recipientes que se utilizarán para almacenar los RESPEL mientras se desactivan y se disponen finalmente.

Con la clasificación del tipo de sustancias contenidas en los RESPEL (por grupos funcionales), una vez cuantificados y con su pH determinado para las cantidades generadas por semestre, como resultado de un proyecto de investigación que dio origen a este manual, se puede predecir que el comportamiento regular de las cantidades de RESPEL será el mostrado en las Figura 15 y 16, y que la mayor cantidad de residuos contienen sustancias ácidas o básicas y no metales pesados ni agentes redox, tampoco solventes orgánicos, por tanto, se requerirá de un contenedor de mayor capacidad. De esta forma, se ubican en un lugar seguro del laboratorio dos tanques de plástico de 20 litros de capacidad cada uno debidamente rotulados para envasar los RESPEL (uno para sustancias ácidas y otro para sustancias básicas) a la espera de la desactivación y disposición final (Figura 17 y 18).

Para los demás tipos de RESPEL (con metales pesados, agentes redox, o solventes orgánicos), se reutilizan botellas y envases de menor tamaño y se colectan dentro de una bolsa roja para RESPEL en espera de la desactivación (Figura 19).



**Figura 17. Envasado de los RESPEL en los tanques para sustancias inorgánicas sin metales pesados ni agentes redox.**

Fuente: Claudia Herrera.



**Figura 18. Recipientes para el almacenamiento temporal de los RESPEL del laboratorio de química.**

Fuente: Claudia Herrera.



**Figura 19. Recipientes para almacenar temporalmente RESPEL con sustancias orgánicas, redox o metales pesados.**

Fuente: Claudia Herrera.

## **Gestión integral de los RESPEL del laboratorio de química**

Para la gestión integral de cualquier RESPEL se deben tener en cuenta una serie de procedimientos o etapas que permitan modificar las características de dichas sustancias para tratar de hacerlas reutilizables o para disminuir su afectación a la salud humana y al medio ambiente [28], [29] según las características de dichos residuos.

Éste debería ser el primer paso hacia la disposición final de manera responsable de los RESPEL teniendo como horizonte el primer objetivo de la Química verde de minimizar la generación de dichos residuos a través de *prácticas más limpias*. Se requiere un trabajo progresivo y transicional de las prácticas antiguas, para lo cual es necesario iniciar unas actividades que apunten hacia la disminución y el

manejo de estos RESPEL. Algunas de esas actividades son la desactivación de los residuos, la sustitución de reactivos por unos menos contaminantes y la disminución de las cantidades utilizadas en las prácticas de laboratorio [30]; todo esto se viene implementando en cada una de las jornadas de prácticas de laboratorio y aparece consignado en los manuales usados como guía para la actividad académica [31], [32], [33].

Una vez generados los RESPEL, como ya se estableció, lo que procede es darles un manejo adecuado según las características de los mismos, para lo cual se han establecido unos protocolos o procedimientos para desactivarlos o transformarlos en sustancias menos o nada contaminantes. Algunos de los métodos para desactivación de RESPEL se encuentran compilados en el Manual de Gestión Integral de Residuos del Instituto Nacional De Salud de Colombia [34], el cual es por ahora la directriz que traza el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, pero que según el artículo 17 (Régimen de transición) del Decreto 351 del 19 de febrero de 2014 [35], será reemplazado por uno nuevo que se encuentra en construcción al momento de la edición de este manual.

Las directrices disponibles en el Manual de Gestión Integral de Residuos mencionado se pueden resumir de la siguiente manera:

- Verificar qué tipo de sustancia es; qué contiene.
- Si es posible reutilizarla en otro proceso en lugar de descartarla o disponer de ella.
- No mezclarla con otros residuos de características diferentes.



- Determinar si se pueden desactivar y disponer de forma segura.

Los grupos de residuos que comúnmente se manejan son:

- Soluciones acuosas con ácidos o bases.
- Solventes orgánicos no halogenados con menos del 2% de halógenos.
- Solventes orgánicos halogenados con más del 2% de halógenos.
- Soluciones acuosas con metales pesados.
- Soluciones o sustancias con mercurio.
- Aceites y material impregnado con ellos.
- Sólidos (orgánicos o inorgánicos).

Para las soluciones acuosas con pH ácido o básico se recomienda desactivarlos neutralizándolos para luego diluirlos y verterlos por el desagüe de forma segura.

Para los grupos que contienen solventes orgánicos o metales pesados se recomienda recolectarlos en recipientes de plástico de polietileno de alta densidad o en recipientes de vidrio color ámbar, según sea el caso, para entregarlos a una entidad que se encargue de desactivarlos y disponerlos de forma apropiada, encapsulándolos o incinerándolos [34].

El material de vidrio desechable o reutilizable que se quiebre y esté contaminado con productos químicos (pi-

petas, probetas, beakers y otro material de laboratorio en general) presenta riesgos intrínsecos por los productos químicos con los cuales están impregnados y, además, el riesgo de cortes o pinchazos. Este vidrio no debe ser depositado en un contenedor de vidrio convencional, ya que no debe someterse al proceso de compactación habitual sino que debe depositarse en el contenedor específico adecuado [34].

En el caso específico de la CUC, éstos materiales se recogen en el mismo laboratorio en un lugar designado para ello, y luego son dispuestos por el Departamento de servicios generales (Figura 20). Los demás residuos sólidos peligrosos se desechan en bolsas rojas (Figura 21) que se unen con el resto de los RESPEL para su desactivación.



**Figuras 20 y 21. Disposición del material de vidrio partido en el laboratorio de química de la CUC y de los RESPEL sólidos en bolsas y recipientes rojos.**

Fuente: Claudia Herrera.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en la desactivación de RESPEL es que el almacenamiento de ellos debe hacerse en un lugar adecuado, con los respectivos ró-

tulos que identifiquen el contenido y sus riesgos, hasta que sean finalmente recolectados por la entidad que les dará la disposición final.

Como se mencionó al inicio de este manual, el objetivo principal de este trabajo es diseñar estrategias que permitan realizar un manejo sostenible de los residuos con sustancias químicas (residuos peligrosos o RESPEL) provenientes de las prácticas de los laboratorios de Química Inorgánica I y II y de Química Orgánica, teniendo como horizonte algunos de los principios de la química verde. En ese orden de ideas, con base en la información recolectada durante un año académico (a partir del proyecto “Plan para el Manejo sostenible de los RESPEL de los Laboratorios de química de la CUC”), y teniendo como marco legal las directrices de la ONU a través de la UNEP y la legislación colombiana, así como los referentes (entre otros) de trabajos de investigación e implementación del manejo de los RESPEL de universidades nacionales e internacionales [4],[5],[9],[28],[29],[30], se propone la siguiente estrategia para la gestión integral de los RESPEL de los laboratorios de química.

Hay que resaltar que la mayoría de RESPEL en los laboratorios de química son líquidos. Teniendo en cuenta esto se pueden clasificar en soluciones ácidas y sus sales, soluciones básicas y sus sales, en soluciones con metales pesados (como Pb o Cr), en sustancias redox (como  $K_2Cr_2O_7$ ) o en mezcla de sustancias orgánicas (como alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, etc.). Una vez clasificados, se almacenan en recipientes apropiados de acuerdo con las características del residuo y con los volúmenes de éstos. Se propone separarlos en aquellos que tienen pH ácido y los que tienen pH básico pero que no contienen metales pesa-

dos, ni agentes redox o sustancias orgánicas, para que luego de terminar el semestre se pueda proceder a neutralizarlos y diluirlos según protocolos establecidos y proceder a descartarlos en el mismo laboratorio. En cuanto a los RESPEL que sí contienen metales pesados (como Pb o Cr), agentes redox (como  $\text{KMnO}_4$  y cromatos) o sustancias orgánicas (como alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, etc.), se propone, por razones de seguridad y porque no es posible desactivarlos en el laboratorio de química ya que implican procedimientos muy específicos que requieren unos equipos y condiciones que no corresponden necesariamente con un laboratorio universitario, entregarlos debidamente almacenados y rotulados a una empresa acreditada ante las autoridades en la disposición final de sustancias peligrosas.

El protocolo más común es recolectar todos los RESPEL debidamente rotulados para ser entregados a una empresa o entidad certificada para su disposición final, lo cual deriva, en este caso, en un gasto fijo dentro del presupuesto anual de una universidad. Con esta propuesta no se elimina completamente la relación con una entidad certificada en el manejo de los RESPEL, ya que por infraestructura y misión no es una tarea de una institución universitaria, pero sí se logra disminuir de forma sustancial la cantidad de residuos que deben ser entregados para desactivación a un tercero, y como consecuencia se disminuyen costos relacionados con la gestión de residuos de la universidad y esos recursos pueden ser reinvertidos para la compra de insumos para los laboratorios.

En el caso de la CUC, la universidad hizo alianza con otra universidad contigua para la disposición final de los RESPEL a través de una empresa local que presta estos servicios. Las Figuras 22 y 23 muestran las cantidades de los RESPEL desactivados o reutilizados en el laboratorio, en

contraste con los que deben ser entregados a la empresa local para su disposición final.. Se hace evidente que la mayor cantidad de los RESPEL son desactivados y dispuestos de manera segura para el medio ambiente en el mismo laboratorio donde se generan, contribuyendo con el desarrollo sostenible y con la responsabilidad social y económica de la universidad.



**Figura 22. Volumen de los RESPEL líquidos de los laboratorios de química que son reutilizados o desactivados en la universidad, comparados con los que son entregados a una empresa local para su disposición final.**



**Figura 23. Peso de los RESPEL sólidos de los laboratorios de química que son reutilizados en la universidad, en contraste con los que son entregados a una empresa local para su disposición final.**

Dentro de las estrategias usadas para transformar al laboratorio de química en uno más verde, se promovió la reducción de cantidades para preparar soluciones para los experimentos en el laboratorio. Esto con el objetivo de reducir las cantidades de reactivos o insumos químicos y las cantidades de agua usadas en la preparación de las soluciones. Se verificó que las cantidades fueran las necesarias para obtener los resultados esperados en los diferentes temas de laboratorio. Por otro lado, se revisaron las técnicas de laboratorio y se buscó reemplazar algunos de los reactivos por otros con menor carácter de peligrosidad pero que también permitían verificar lo que se quería enseñar con las experiencias.

Otra estrategia consistió en reemplazar técnicas completas e incluso preparar soluciones indicadoras más naturales (solución de repollo para verificar ciertos rangos de pH).

Todas estas acciones contribuyeron a mejorar la práctica desde el punto de vista de sostenibilidad ambiental y también a minimizar los riesgos asociados al uso de reactivos peligrosos, por ejemplo, en el caso de los docentes que están en contacto permanente con sustancias cancerígenas.

## 5. RECOMENDACIONES PARA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RESPEL

Este manual es lo que llaman un documento “vivo” que debe seguir actualizándose y retroalimentándose. Lo que está plasmado aquí es sólo una propuesta basada en la experiencia de los autores y en la normatividad y fundamentación teórica sobre el manejo de los residuos peligrosos hasta ahora conocida [36], [37].

Aspectos relevantes para tener en cuenta:

- Es importante convertir a los laboratorios de química en un elemento de sostenibilidad que contribuya a que una universidad sea verde o sostenible al minimizar el consumo de bienes y energía.
- A través de una acción local o puntual se puede generar conciencia en las partes involucradas (docentes, auxiliares, estudiantes) sobre la responsabilidad social que cada uno tiene y de la forma en que pueden contribuir para un mejor futuro a corto y a largo plazo, como aparece contemplado en los manuales que sirven de guía para los laboratorios de química [31], [32], [33].
- La adecuada gestión de los RESPEL puede evitar que las universidades se conviertan en grandes generadores de residuos peligrosos, con todas las implicaciones de ley que eso conlleva. La mayor cantidad de RESPEL generados en el laboratorio de química están en forma líquida, como soluciones acuosas ácidas o básicas y son desactivados y dispuestos por

el desagüe *in situ*, es decir, en el mismo laboratorio, contribuyendo con la sostenibilidad del medio ambiente y de la CUC al minimizar los costos por disposición de RESPEL.

- Las asignaturas que producen mayor volumen de RESPEL son las que tienen mayor población estudiantil, por lo que es importante tener los recipientes adecuados para los volúmenes que se vayan a generar en el semestre académico, y de esa manera, evitar posibles malos manejos buscando soluciones de emergencia. Para los RESPEL que contengan mezclas de solventes orgánicos (alcoholes, aldehídos, cetonas, etc.), agentes oxidantes ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) o metales pesados (Pb, Cr) se ha decidido recolectarlos por separado y entregarlos debidamente relacionados a una institución acreditada en el manejo de este tipo de residuos, y se deja abierta la posibilidad de reemplazar estos reactivos por otros menos contaminantes y que permitan ilustrar el mismo principio químico.
- Se recomienda llevar un registro por asignatura de los RESPEL generados (Anexo 1) y diseñar un rótulo con información clara sobre el residuo.
- Asimismo, se debe promover la política de reducción de todo tipo de residuos. En el caso específico de los laboratorios de química, esto se logra realizando prácticas que sean *más amigables con el medio ambiente*, seleccionando reactivos menos dañinos, utilizando menos cantidad y *desarrollando prácticas más limpias*, con lo cual se reducirá también la cantidad de RESPEL y la peligrosidad de los mismos (Principio 1 de Química verde).



Durante todo este proceso se debe involucrar de manera directa no sólo a los diferentes docentes de cada asignatura y los auxiliares del laboratorio como responsables en primera instancia, sino también a los estudiantes de cada grupo que realizan las prácticas. Se trata de promover una cultura de manejo sostenible y responsable de los reactivos utilizados y de los residuos generados. La meta es continuar hasta lograr institucionalizarla y lograr que todos los actores del proceso muestren su compromiso.

## Referencias bibliográficas

- [1] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, *Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos*. Colombia, 2005. [En línea]. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documento/politica\\_resid\\_pel.pdf](http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documento/politica_resid_pel.pdf).
- [2] K.Y. Foo, A vision on the role of environmental higher education contributing to the sustainable development in Malaysia, *Journal of Cleaner Production*, Volumen 61, diciembre 2013. p. 6-12. [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613003223>
- [3] L. Hancock y S. Nuttman. Engaging higher education institutions in the challenge of sustainability: Sustainable transport as a catalyst for action, *Journal of Cleaner Production*, Volumen 62, enero 2014. p. 62-71. [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613005635>
- [4] G. Camargo Millán Plan de manejo de los residuos químicos generados en las prácticas de laboratorio de la Escuela de Ciencias Químicas de la UPTC. En: VIII Encuentro Nacional y II Internacional de Semilleros de Investigación Pasto-Nariño, Publicaciones Animar [Memorias en CD-ROM], Oct., 2005.
- [5] C. Julio Galvis, Manual para el manejo de los residuos químicos y peligrosos en la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2009. [En línea]. Disponible en: [http://www.pedagogica.edu.co/observatoriobienestar/docs/MANUAL\\_DE\\_RESIDUOS\\_QUIMICOS\\_UPN.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/observatoriobienestar/docs/MANUAL_DE_RESIDUOS_QUIMICOS_UPN.pdf)

- [6] N. Zhang, I.D. Williams, S. Kemp, N.F. Smith, Greening academia: Developing sustainable waste management at Higher Education Institutions, *Waste Management*, 31, (7), 1606-1616, Julio, 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X11001206>
- [7] A. P. Farayand, *Green Chemistry at Glimpse*, s.f. [En línea]. Disponible en: [http://ogidco.com/articles/GREEN\\_CHEMISTRY\\_at\\_a\\_Glimpse.pdf](http://ogidco.com/articles/GREEN_CHEMISTRY_at_a_Glimpse.pdf)
- [8] P. Anastas y J. Warner, *12 Principles of Green Chemistry*, American Chemical Society, 1992. [En línea]. Disponible en: <http://www.acs.org/content/acs/en/green-chemistry/what-is-green-chemistry/principles/12-principles-of-green-chemistry.html>
- [9] E. S. Nascimento y A. Tenuta Filho, Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 46, (2), 187-198, abr-jun, 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.revistas.usp.br/bjps/article/viewFile/10770/12538>
- [10] PNUMA, *Enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional*, marzo, 2007. [En línea]. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/Enfoque%20Estrategico\\_Productos\\_Quimicos.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/Enfoque%20Estrategico_Productos_Quimicos.pdf)
- [11] United Nations Environment Programme, UNEP, Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm. Junio, 1972. [En línea]. Disponible en: <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503&l=en>

- [12] ONU, *Decisión 14/30 del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, Junio, 1987. [En línea]. Disponible en: [http://untreaty.un.org/cod/avl/pdf/ha/bcctmhwd/bcctmhwd\\_ph\\_s.pdf](http://untreaty.un.org/cod/avl/pdf/ha/bcctmhwd/bcctmhwd_ph_s.pdf)
- [13] Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, marzo, 1989. [En línea]. Disponible en: <http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConvention-Text-s.pdf>.
- [14] J. Martínez. *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos, Fundamentos, Tomo I*, sept, 2005. [En línea]. Disponible en: [http://archive.basel.int/centers/proj\\_activ/stp\\_projects/08-02.pdf](http://archive.basel.int/centers/proj_activ/stp_projects/08-02.pdf)
- [15] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, Bases Conceptuales*, Colombia, mayo, 2007. [En línea]. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/4886\\_260210\\_gestion\\_integral\\_respel\\_bases\\_conceptuales.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/4886_260210_gestion_integral_respel_bases_conceptuales.pdf)
- [16] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *Decreto 1713 de 2002*. [En línea]. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec\\_1713\\_060802.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_1713_060802.pdf)
- [17] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *Decreto 4741 de 2005*. [En línea]. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec\\_4741\\_301205.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_4741_301205.pdf)

- [18] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *Ley 1252 de 2008*. [En línea]. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ley/ley\\_1252\\_271108.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ley/ley_1252_271108.pdf)
- [19] ONU, *Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA)*, 2011. [En línea]. Disponible en: [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev04/Spanish/ST-SG-AC10-30-Rev4sp.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev04/Spanish/ST-SG-AC10-30-Rev4sp.pdf)
- [20] ONU, *Programa 21: Capítulo 19*, junio, 1992. [En línea]. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter19.htm>
- [21] ECHA, *What does the label contain*, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://echa.europa.eu/chemicals-in-our-life/clp-pictograms/what-does-the-label-contain>
- [22] QUIMINET, *Rotulado de sustancias y productos químicos*, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/rotulado-de-sustancias-y-productos-quimicos-2564144.htm>
- [23] European Chemicals Agency, ECHA, *CLP Pictograms*. [En línea]. Disponible en: <http://echa.europa.eu/chemicals-in-our-life/clp-pictograms>
- [24] Merck Millipore, *Etiquetado de compuestos químicos peligrosos*. 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.merckmillipore.com/CO/es/support/safety/labeling-hazardous-chemicals/AKub.qB.RoUAAFFiMljZ8zb>
- [25] ICONTEC. *Norma Técnica Colombiana GTC 24*. Bogotá: ICONTEC, 2009

- [26] L. Benavides, *Guía para la definición y clasificación de residuos peligrosos*, Washington: Organización Panamericana de la Salud, 2007. [En línea]. Disponible en: <http://www.cepis.opsoms.org/cdromrep86/full-texts/eswww/fulltext/gtz/declarp/guiares.html>.
- [27] E. Gadea y X. Guardinol, *NTP 276: eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales*. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, s.f. [En línea]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_276.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_276.pdf)
- [28] W. Torres, *Manual de seguridad en los laboratorios en los que se manejan sustancias químicas*, Cali: Universidad del Valle, 10 de julio, 2013. [En línea]. Disponible en: [http://saludocupacional.univalle.edu.co/manual\\_Laboratorio.pdf](http://saludocupacional.univalle.edu.co/manual_Laboratorio.pdf)
- [29] J. M. Clavero Subías, P. Ysern Comas, B. Gallego Peiré, F. Travesa Aijón, E. Gadea Carrera, X. Guardino Solá. *NTP 480: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación*, Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, s.f. [En línea]. Disponible en: [https://www.upc.edu/sostenible2015/ambits/la-gestio-interna/residus/documents/NTP\\_480%20gestion%20residuos%20laboratorio.pdf](https://www.upc.edu/sostenible2015/ambits/la-gestio-interna/residus/documents/NTP_480%20gestion%20residuos%20laboratorio.pdf)
- [30] P.C. Ashbrook y T.A. Houts, Top ten institutional ways to minimize laboratory waste, *Chemical Health and Safety*, 8, (6), 27, Nov–Dec, 2001. [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1074909801002593>

- [31] D. Alcázar, F. Fuentes, C. Herrera, I. Linares, M. Gallardo, S. Villarreal, A. Zambrano. *Manual de Laboratorio Química Inorgánica I*, Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa, CUC, 2014. [En prensa].
- [32] D. Alcázar, F. Fuentes, C. Herrera, I. Linares, M. Gallardo, S. Villarreal, A. Zambrano. *Manual de Laboratorio Química Inorgánica II*, Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa, CUC, 2014. [En prensa].
- [33] D. Alcázar, F. Fuentes, C. Herrera, I. Linares, M. Gallardo, S. Villarreal, A. Zambrano. *Manual de Laboratorio Química Orgánica*, Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa, CUC, 2014. [En prensa].
- [34] C.A. Mora Valencia y M.L. Berbeo Rodríguez, *Manual de Gestión Integral de Residuos*, Instituto Nacional de Salud, Subdirección Red Nacional de Laboratorios, Colombia, mayo, 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Red-Nacional-Laboratorios/Documentos%20de%20inters%20SRNL/PGIRH%20INS.pdf>
- [35] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Decreto 351 de 2014*. [En línea]. Disponible en: <http://actualisalud.com/images/stories/decreto351de2014.pdf>
- [36] L. White y B.F. Noble, Strategic environmental assessment for sustainability: A review of a decade of academic research, *Environmental Impact Assessment Review*, 42, 60-66, September, 2013. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925512000959>

- [37] S. Yenice, C. Maden y N. Cakir, Development of a laboratory waste management program in compliance with the accreditation process, *Clinical Biochemistry*, 42, (4-5), 333-334, March, 2009. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009912008004542>



# ANEXOS

Anexo 1. Planilla para registrar los RESPEL generados en cada práctica.

| <b>UNIVERSIDAD DE LA COSTA 1970</b><br><b>CONTROL DE RESIDUOS PELIGROSOS ó RESPEL DEL LABORATORIO DE QUÍMICA</b> |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|--|---------------------|-----------------|----------------------|------------------------|----|--------------------|----------------|
| ASIGNATURA:  | DOCENTE RESPONSABLE | TIPO DE RESIDUO | FECHA DE RECOLECCION | FECHA DE DESACTIVACION | pH | VOLUMEN TOTAL (ml) | MASA TOTAL (g) |
| TITULO DE LA PRACTICA  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |
|  |                     |                 |                      |                        |    |                    |                |

Auxiliar del Laboratorio: \_\_\_\_\_

## Anexo 2. Estudiantes participando en el proyecto cuantificando y recolectando los RESPEL después de una práctica<sup>1</sup>.



<sup>1</sup> Nota: Los estudiantes que aparecen en las fotografías autorizaron su uso en este manual.

### Anexo 3. Capacitación en el manejo de los RESPEL a docentes y auxiliares.



Anexo 4. Capacitación en el manejo de los RESPEL a estudiantes.



## Anexo 5. Socialización del plan de manejo de los RESPAL ante la comunidad académica de la Universidad de la Costa - CUC.



## Anexo 6. Frases H y P que reemplazaran a las Frases S y R.

### *Frases H*

**H200** – Explosivo inestable.

**H201** – Explosivo; peligro de explosión en masa.

**H202** – Explosivo; grave peligro de proyección.

**H203** – Explosivo; peligro de incendio, de onda expansiva o de proyección.

**H204** – Peligro de incendio o de proyección.

**H205** – Peligro de explosión en masa en caso de incendio.

**H220** – Gas extremadamente inflamable.

**H221** – Gas inflamable.

**H222** – Aerosol extremadamente inflamable.

**H223** – Aerosol inflamable.

**H224** – Líquido y vapores extremadamente inflamables.

**H225** – Líquido y vapores muy inflamables.

**H226** – Líquidos y vapores inflamables.

**H228** – Sólido inflamable.

**H240** – Peligro de explosión en caso de calentamiento.

**H241** – Peligro de incendio o explosión en caso de calentamiento.

**H242** – Peligro de incendio en caso de calentamiento.

**H250** – Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.

**H251** – Se calienta espontáneamente; puede inflamarse.

**H252** – Se calienta espontáneamente en grandes cantidades; puede inflamarse.

**H260** – En contacto con el agua desprende gases inflamables que pueden inflamarse espontáneamente.

- H261** – En contacto con el agua desprende gases inflamables.
- H270** – Puede provocar o agravar un incendio; comburente.
- H271** – Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.
- H272** – Puede agravar un incendio; comburente.
- H280** – Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
- H281** – Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.
- H290** – Puede ser corrosivo para los metales.
- H300** – Mortal en caso de ingestión.
- H301** – Tóxico en caso de ingestión.
- H302** – Toxicidad agua (oral), categoría 4. Nocivo en caso de ingestión..
- H304** – Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
- H310** – Mortal en contacto con la piel.
- H311** – Tóxico en contacto con la piel.
- H312** – Nocivo en contacto con la piel.
- H314** – Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- H315** – Provoca irritación cutánea.
- H317** – Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
- H318** – Provoca lesiones oculares graves.
- H319** – Provoca irritación ocular grave.
- H330** – Mortal en caso de inhalación.
- H331** – Tóxico en caso de inhalación.
- H332** – Nocivo en caso de inhalación.

- H334** – Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
- H335** – Puede irritar las vías respiratorias.
- H336** – Puede provocar somnolencia o vértigo.
- H340** – Puede provocar defectos genéticos.
- H341** – Se sospecha que provoca defectos genéticos.
- H350** – Puede provocar cáncer.
- H351** – Se sospecha que provoca cáncer.
- H360** – Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto.
- H361** – Se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto.
- H362** – Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
- H370** – Provoca daños en los órganos.
- H371** – Puede provocar daños en los órganos.
- H372** – Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas *concluyentemente que el peligro no se produce por ninguna otra vía.*
- H373** – Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas *concluyentemente que el peligro no se produce por ninguna otra vía.*
- H400** – Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- H410** – Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H411** – Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H412** – Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H413** – Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.



## *Frases P*

**P101** – Si se necesita consejo médico, tener a mano el envase o la etiqueta.

**P102** – Mantener fuera del alcance de los niños.

**P103** – Leer la etiqueta antes del uso.

**P201** – Pedir instrucciones especiales antes del uso.

**P202** – No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad.

**P210** – Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. — No fumar.

**P211** – No pulverizar sobre una llama abierta u otra fuente de ignición.

**P220** – Mantener o almacenar alejado de la ropa/.../materiales combustibles.

**P221** – Tomar todas las precauciones necesarias para no mezclar con materias combustibles...

**P222** – No dejar que entre en contacto con el aire.

**P223** – Mantener alejado de cualquier posible contacto con el agua, pues reacciona violentamente y puede provocar una llamarada.

**P230** – Mantener humedecido con...

**P231** – Manipular en gas inerte.

**P232** – Proteger de la humedad.

**P233** – Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

**P234** – Conservar únicamente en el recipiente original.

**P235** – Mantener en lugar fresco.

**P240** – Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

**P241** – Utilizar un material eléctrico, de ventilación o de iluminación/.../antideflagrante.

**P242** – Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas.

**P243** – Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

**P244** – Mantener las válvulas de reducción limpias de grasa y aceite.

**P250** – Evitar la abrasión/el choque/.../la fricción.

**P251** – Recipiente a presión: no perforar ni quemar, aun después del uso.

**P260** – No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.

**P261** – Evitar respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.

**P262** – Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa.

**P263** – Evitar el contacto durante el embarazo/la lactancia.

**P264** – Lavarse concienzudamente tras la manipulación.

**P270** – No comer, beber ni fumar durante su utilización.

**P271** – Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.

**P272** – Las prendas de trabajo contaminadas no podrán sacarse del lugar de trabajo.

**P273** – Evitar su liberación al medio ambiente.

**P280** – Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

**P281** – Utilizar el equipo de protección individual obligatorio.

**P282** – Llevar guantes que aíslen del frío/gafas/máscara.

**P283** – Llevar prendas ignífugas/resistentes al fuego/resistentes a las llamas.

- P284** – Llevar equipo de protección respiratoria.
- P285** – En caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria.
- P231 + P232** – Manipular en gas inerte. Proteger de la humedad.
- P235 + P410** – Conservar en un lugar fresco. Proteger de la luz del sol.
- P301** – EN CASO DE INGESTIÓN:
- P302** – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL:
- P303** – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo):
- P304** – EN CASO DE INHALACIÓN:
- P305** – EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS:
- P306** – EN CASO DE CONTACTO CON LA ROPA:
- P307** – EN CASO DE exposición:
- P308** – EN CASO DE exposición manifiesta o presunta:
- P309** – EN CASO DE exposición o malestar:
- P310** – Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.
- P311** – Llamar a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.
- P312** – Llamar a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico en caso de malestar.
- P313** – Consultar a un médico.
- P314** – Consultar a un médico en caso de malestar.
- P315** – Consultar a un médico inmediatamente.
- P320** – Se necesita urgentemente un tratamiento específico (ver... en esta etiqueta).
- P321** – Se necesita un tratamiento específico (ver... en esta etiqueta).

**P322** – Se necesitan medidas específicas (ver... en esta etiqueta).

**P330** – Enjuagarse la boca.

**P331** – NO provocar el vómito.

**P332** – En caso de irritación cutánea:

**P333** – En caso de irritación o erupción cutánea:

**P334** – Sumergir en agua fresca/aplicar compresas húmedas.

**P335** – Sacudir las partículas que se hayan depositado en la piel.

**P336** – Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada.

**P337** – Si persiste la irritación ocular:

**P338** – Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

**P340** – Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

**P341** – Si respira con dificultad, transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

**P342** – En caso de síntomas respiratorios:

**P350** – Lavar suavemente con agua y jabón abundantes.

**P351** – Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos.

**P352** – Lavar con agua y jabón abundantes.

**P353** – Aclararse la piel con agua/ ducharse.

**P360** – Aclarar inmediatamente con agua abundante las prendas y la piel contaminadas antes de quitarse la ropa.

**P361** – Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas.

**P362** – Quitarse las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas.

**P363** – Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas.

**P370** – En caso de incendio:

**P371** – En caso de incendio importante y en grandes cantidades:

**P372** – Riesgo de explosión en caso de incendio.

**P373** – NO luchar contra el incendio cuando el fuego llega a los explosivos.

**P374** – Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales.

**P375** – Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.

**P376** – Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo.

**P377** – Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.

**P378** – Utilizar... para apagarlo.

**P380** – Evacuar la zona.

**P381** – Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.

**P390** – Absorber el vertido para que no dañe otros materiales.

**P391** – Recoger el vertido.

**P301 + P310** – EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

**P301 + P312** – EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico si se encuentra mal.

**P301 + P330 + P331** – EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

**P302 + P334** – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Sumergir en agua fresca/aplicar compresas húmedas.

**P302 + P350** – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar suavemente con agua y jabón abundantes.

**P302 + P352** – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes..

**P303 + P361 + P353** – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua o ducharse.

**P304 + P340** – EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

**P304 + P341** – EN CASO DE INHALACIÓN: Si respira con dificultad, transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

**P305 + P351 + P338** – EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

**P306 + P360** – EN CASO DE CONTACTO CON LA ROPA: Aclarar inmediatamente con agua abundante las prendas y la piel contaminadas antes de quitarse la ropa.

**P307 + P311** – EN CASO DE exposición: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

**P308 + P313** – EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.

**P309 + P311** – EN CASO DE exposición o si se encuentra mal: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

**P332 + P313** – En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.

**P333 + P313** – En caso de irritación o erupción cutánea: Consultar a un médico.

**P335 + P334** – Sacudir las partículas que se hayan depositado en la piel. Sumergir en agua fresca/aplicar compresas húmedas.

**P337 + P313** – Si persiste la irritación ocular: Consultar a un médico.

**P342 + P311** – En caso de síntomas respiratorios: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

**P370 + P376** – En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo.

**P370 + P378** – En caso de incendio: Utilizar... para apagarlo.

**P370 + P380** – En caso de incendio: Utilizar... para apagarlo.

**P370 + P380 + P375** – En caso de incendio: Evacuar la zona. Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.

**P371 + P380 + P375** – En caso de incendio importante y en grandes cantidades: Evacuar la zona. Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.

**P401** – Almacenar...

**P402** – Almacenar en un lugar seco.

**P403** – Almacenar en un lugar bien ventilado.

**P404** – Almacenar en un recipiente cerrado.

**P405** – Guardar bajo llave.

**P406** – Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión/... con revestimiento interior resistente.

**P407** – Dejar una separación entre los bloques/los palés de carga.

**P410** – Proteger de la luz del sol.

**P411** – Almacenar a temperaturas no superiores a ... °C/...°F.

**P412** – No exponer a temperaturas superiores a 50 °C/122°F.

**P413** – Almacenar las cantidades a granel superiores a ... kg/... lbs a temperaturas no superiores a ... °C/...°F.

**P420** – Almacenar alejado de otros materiales.

**P422** – Almacenar el contenido en...

**P402 + P404** – Almacenar en un lugar seco. Almacenar en un recipiente cerrado.

**P403 + P233** – Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

**P403 + P235** – Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.

**P410 + P403** – Proteger de la luz del sol. Almacenar en un lugar bien ventilado.

**P410 + P412** – Proteger de la luz del sol. No exponer a temperaturas superiores a 50 °C/122°F.

**P411 + P235** – Almacenar a temperaturas no superiores a... °C/...°F. Mantener en lugar fresco.

**P501** – Eliminar el contenido/el recipiente en...



FUNDADORES  
CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC

EDUARDO CRISSIEN SAMPER  
RUBÉN MAURY PERTUZ (q.e.p.d.)  
NULVIA BORRERO HERRERA  
MARÍA ARDILA DE MAURY  
RAMIRO MORENO NORIEGA  
RODRIGO NIEBLES DE LA CRUZ (q.e.p.d.)  
MIGUEL ANTEQUERA STAND

PERSONAL DIRECTIVO  
CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC

|   |  |
|---|--|
| TITO JOSÉ<br>CRISSIÉN BORRERO<br>Rector                     | HERNANDO<br>ANTEQUERA MANOTAS<br>Vicerrector Financiero                      |
| MARIO MAURY ARDILA<br>Director Departamento<br>de Posgrados | ALFREDO GÓMEZ VILLANUEVA<br>Decano Facultad de Arquitectura                  |
| FEDERICO<br>BORNACELLI VARGAS<br>Secretario General         | JAVIER MORENO JUVINAO<br>Decano Facultad de<br>Ciencias Económicas           |
| GLORIA CECILIA<br>MORENO GÓMEZ<br>Vicerrectora Académica    | ALFREDO PEÑA SALOM<br>Decano Facultad de Derecho                             |
| HENRY MAURY ARDILA<br>Vicerrector de Investigaciones        | JOSÉ LOZANO JIMÉNEZ<br>Decano Facultad de Psicología                         |
| JORGE MORENO GÓMEZ<br>Vicerrector de Extensión              | FAIRUZ VIOLET<br>OSPINO VALDIRIS<br>Decana Facultad de Ingeniería            |
| JAIME DÍAZ ARENAS<br>Vicerrector Administrativo             | NADIA JUDITH<br>OLAYA CORONADO<br>Decana Facultad de<br>Ciencias Ambientales |
| ROSMERY TURBAY MIRANDA<br>Vicerrectora de Bienestar         | SANDRA VILLARREAL VILLA<br>Decana Facultad de Humanidades                    |

### ***CLAUDIA PATRICIA HERRERA HERRERA.***

Ingeniero Químico de la Universidad del Atlántico. Especialista en Estudios Pedagógicos de la Universidad de la Costa. Magister en Gestión y Auditorías Ambientales de la Universidad Internacional Iberoamericana. Docente Tiempo completo de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad de la Costa, CUC, con más de 8 años de experiencia docente en el área de Química, impartiendo las asignaturas de Química Inorgánica, Química Orgánica, sus respectivos laboratorios, Bioquímica y Química Analítica. Con experiencia en Investigación formativa. Miembro del grupo de investigación GESSA. Líder del semillero Química Verde, que apunta hacia procesos más limpios, productos amigables con el medio ambiente y fomentar una conciencia en la comunidad educativa, que apunte al desarrollo sostenible.

### ***FAISAL BERNAL HIGUITA***

Ingeniero Químico, Universidad del Atlántico. Especialista En Estudios Pedagógicos De La Universidad De La Costa. Especialista En Análisis Y Gestión Ambiental De La Universidad Del Norte. Magister En Ingeniería Civil Con Énfasis En Ambiental De La Universidad Del Norte. Docente Investigador Del Centro De Investigación De Tecnología Ambiental - CITA- en la Universidad de la Costa, CUC. Miembro del grupo de investigación Biotecnológico Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales (actual GESSA) de la Universidad de la Costa, CUC. Miembro del Grupo de Investigación Acuicultura, Agroindustria y Pesca de la Universidad de la Costa, CUC. Asesor y consultor en diseño y construcción de sistemas de tratamiento de Aguas residuales domésticas e industriales. Ha publicado dos libros: “Experiencias de Diagnóstico Ambiental en el marco de la Producción más Limpia” y “Humedales Artificiales y su potencial aplicación en el contexto regional”. Miembro activo de ACODAL Seccional Caribe.

## ***SONIA VALBUENA DUARTE***

Licenciada en Matemáticas y Físicas por la Universidad del Atlántico con Especializaciones en Análisis de Sistemas por la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro, Brasil y en Física General por la Universidad del Atlántico. Cuenta con dos Maestrías, una en Educación por la Universidad de San Buenaventura de Cali y otra Maestría en Matemáticas por la Universidad del Norte en Barranquilla. Ha trabajado en prestigiosas Universidades como la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga, La Universidad del Cauca en Popayán, la Universidad del Atlántico y la Universidad de la Costa C.U.C en Barranquilla donde ha impartido diferentes cursos a nivel de Pregrado, Especialización y Maestría. Ha sido tutora de trabajos de grado en pregrado, Especialización y Maestría tanto en Matemáticas como de Educación. Sus intereses en investigación actuales están dedicados al uso de los métodos numéricos aplicados y al uso de nuevas tecnologías en la Educación y en la enseñanza de las matemáticas. Cuenta con más de 50 publicaciones en revistas arbitradas y ha participado en eventos científicos de interés nacional e internacional.