

DOI: <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2022.8.02>

Cómo citar:

Ferrer Serrano, A., Revilla Puentes, J.A., Pérez Méndez, M., & Shasha, D. (2022). Educación en manejo adecuado de los laboratorios docentes: desde el punto de vista de la química sostenible. *Orange Journal*, 4(8), 15-26. <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2022.8.02>

## Educación en manejo adecuado de los laboratorios docentes: desde el punto de vista de la química sostenible

### Education in proper management of teaching laboratories: from the point of view of sustainable chemistry

Recibido: 3 de abril de 2022

Aceptado: 10 de agosto de 2022

Escrito por:

**Armando Ferrer Serrano**<sup>7</sup><https://orcid.org/0000-0002-6849-0232>**Juan Antonio Revilla Puentes**<sup>8</sup><https://orcid.org/0000-0002-5965-176X>**Maricela Pérez Méndez**<sup>9</sup><https://orcid.org/0000-0001-6946-2340>**David Shasha**<sup>10</sup><https://orcid.org/0000-0003-0576-6155>

#### Resumen

La organización de los materiales y reactivos en los laboratorios químicos es vital desde el punto de vista de seguridad, así como la educación química. Teniendo en cuenta todo lo descrito en la literatura y algunos de los principios de la química verde, este documento propone la estricta organización de laboratorios docentes. Esta propuesta se ha experimentado en la Universidad de Oriente (Cuba) y se propone un estudio similar para Bindura University of Science Education, Zimbabwe, pero dependiendo de las características propias de cada tipo laboratorios de química. En concreto, se propone la reorganización de los reactivos químicos de acuerdo a peligrosidad, clasificación por grupos funcionales, posible interacción química y frecuencia de uso. Los residuos también se clasifican de acuerdo a la composición química y el nivel de toxicidad. Este trabajo es de gran importancia desde el punto de vista educativo, ya que transmite a los estudiantes una buena gestión y hábitos de trabajo en un laboratorio. Además, en este trabajo se introducen algunos de los principios de la química verde. Se incluyen además aspectos sobre la actualización de inventarios de productos químicos, equipos médicos, higiene en el laboratorio, etiquetado de reactivos, la importancia de los carteles en el laboratorio y el uso de equipos de seguridad.

**Palabras clave:** química verde, manejo adecuado, laboratorios, reciclaje.

#### Abstract

The organization of materials and reagents in chemical laboratories is vital from a safety point of view as well as chemical education. Taking into account everything described in the literature and some of the principles of green chemistry, this paper proposes the strict organization of teaching laboratories. This

<sup>7</sup> Profesor Titular, Dr. C. Grupo Compuestos Bioactivos y Química Sostenible, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>8</sup> Profesor Auxiliar, MSc. Grupo Compuestos Bioactivos y Química Sostenible, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>9</sup> Profesora Asistente, MSc. Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Técnicas y Agropecuarias, Universidad de Las Tunas, Las Tunas, Cuba.

<sup>10</sup> Senior Lecturer, MSc. Chemistry Department, Faculty of Science, Bindura University of Science Education, Zimbabwe.

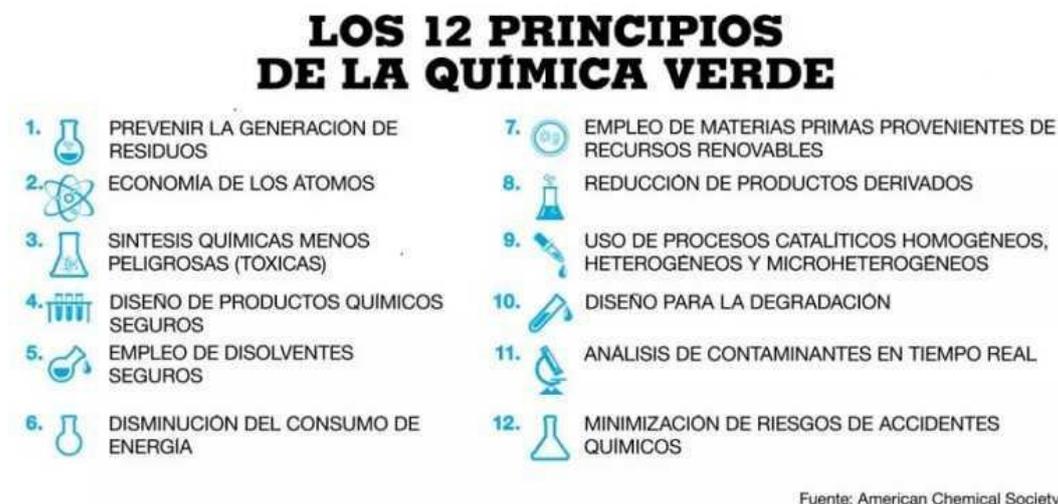


development has been experienced at the University of Oriente (Cuba) and a similar study is proposed for Bindura University of Science Education (Zimbabwe) but depending on the characteristics of the chemistry labs. Specifically, the reorganization of chemical reagents according to hazard, classification by functional groups, possible chemical interaction and frequency of use is proposed. Waste is also classified according to chemical composition and the level of hazard. This work is of great importance from an educational point of view as it conveys to students a good management and work habits in a laboratory. In addition, some principles of Green Chemistry are introduced in this work. Aspects about updating chemical inventories, medical kits, hygiene in the laboratory, reagents labeling, importance of the banners in the laboratory and the use of safety equipment are also looked at.

**Keywords:** Green Chemistry, Proper management, laboratories, recycling.

### Introducción

La Química Verde dentro de sus 12 principios contiene uno refiriéndose a la prevención de riesgos laborales (Fig. 1), fundamentalmente relacionados con los laboratorios químicos, industrias, fábricas u cualquier sitio donde se realicen actividades vinculadas con la transformación de la sustancia (Anastas, 1998). Entre estos, los laboratorios son los más complicados desde el punto de vista organizativo, ya que contienen equipos, reactivos, disolventes y materiales que podrían resultar peligrosos si no se manipulan y almacenan correctamente.



**Figura 1.** Los 12 principios de la Química Verde Los 12 principios de la Química Verde (Fuente de la imagen: Colorado, 2019)

Las carreras experimentales como Licenciatura en Química o Tecnología Química, dependen en gran medida de las prácticas de laboratorio. Prácticamente, más del 30% de las habilidades y conocimientos son adquiridos en estos locales. En particular en las carreras relacionadas con la química, el manejo adecuado de un laboratorio químico es imprescindible para que los estudiantes apliquen normas organizativas útiles para su vida futura como profesionales en esta rama del saber.

En ocasiones, por diversas razones los laboratorios no se encuentran organizados cumpliendo las normas de seguridad establecidas. Incluso a veces las normas adoptadas no son del todo eficientes como para garantizar la correcta funcionalidad de los mismos. Esto puede traer como consecuencia lamentables accidentes o ineficiencia durante las prácticas docentes, además de influir negativamente en las investigaciones (Fig. 2).



**Figura 2.** Accidente en el laboratorio Accidente en el laboratorio (Youtube, (n/d)).

Por todo esto, este artículo propone un acercamiento al manejo adecuado de un laboratorio químico docente teniendo en cuenta los requerimientos internacionales establecidos e incluyendo elementos de la Química Sostenible (también llamada Química Verde). Además, se pretende crear las pautas para perfeccionar asignaturas prácticas en las carreras de Química y afines, como Química Industrial, Ingeniería Química, Farmacia, Educación Química, etc.; mediante la propuesta de 8 tics imprescindibles en el trabajo dentro de un laboratorio químico docente.

### Marco Teórico

Para mejor comprensión de lo que se pretende transmitir con esta revisión enfocada en un mejor manejo de laboratorios químicos es imprescindible conocer ciertos conceptos de aspectos que se mencionarán posteriormente, como: laboratorio químico, química sostenible, reciclaje, peligrosidad de los reactivos químicos, entre otros.

En los años 90, surgen un movimiento de químicos enfocados en realizar ciencia de una manera diferente, pero con un mínimo impacto a medio ambiente. “Esta novedosa manera de hacer la química puede definirse como el diseño de productos y procesos químicos que reduzcan o eliminen el uso y generación de sustancias peligrosas” (Ferrer, 2019). Esta es la llamada Química Verde, abarcando hasta conceptos relacionados con la Ingeniería verde (Anastas, 2003).

La Química Verde está relacionada con la optimización de síntesis, el uso de materias primas renovables mejor que no renovables (tanto químicas como energéticas) y el control cualitativo y cuantitativo de los materiales artificiales empleados y producidos (así como los residuales producidos). Sin embargo, la Química Sostenible se considera como un subsistema de sostenibilidad y representa un concepto más amplio que se debe a aspectos como: seguridad, política de riesgo, tecnologías de remediación, purificación de agua, energías alternativas, y obviamente se incluye la química verde (Cannon et al., 2012).

Otro concepto importante a destacar es el de laboratorio químico, incluido el laboratorio químico docente. Un laboratorio químico es aquel que hace referencia a la química y que estudia compuestos, mezclas de sustancias o elementos utilizando ensayos químicos, ayuda a analizar las teorías que se han postulado a lo largo del desarrollo de esta ciencia y a realizar nuevos descubrimientos (Wikipedia, 2022).

Resulta importante definir también qué es reciclaje. Sanmartín Ramón y colaboradores lo definen de la siguiente manera: El reciclaje consiste en dar un aprovechamiento a los residuos sólidos que se generan y obtener de estos una materia prima que pueda ser incorporada de manera directa a un ciclo de producción o de consumo (Sanmartín Ramón et al., 2017). Los autores del artículo citado plantean al reciclaje como un nicho de innovación y emprendimiento. Aspecto que puede ser usado en los laboratorios químicos como



## ORANGE JOURNAL

parte de un cambio de mentalidad hacia procesos más sostenibles, inclusive en la docencia, donde habitualmente no es común el reciclaje.

La bibliografía define, entre varios conceptos a la Peligrosidad en el ambiente de laboratorios como: conjunto de riesgos que pueden provocar accidentes y/o enfermedades profesionales. Estos riesgos pueden ser: caídas, cortes, quemaduras térmicas o químicas, intoxicaciones, incendios. Además, las enfermedades pueden ser provocadas por contaminantes químicos, físicos o biológicos, debido a la exposición prolongada estos. No obstante, la llamada peligrosidad en química tiende a relacionarse sólo con sustancias, dejando a un lado otros factores, sin perder de vista que son los reactivos químicos los de mayor peligro.

Aunque todos los conceptos e ideas anteriores son necesarias para adentrarse en este tema, es bueno tener una idea de la estructura y arquitecturas adecuada de un laboratorio químico, (aspectos que se tocarán más adelante en esta revisión en el acápite Resultados y Discusión).

### Metodología

#### *Identificación de los problemas*

El laboratorio químico en cualquier centro de enseñanza indistintamente del nivel (enseñanza secundaria, preuniversitaria o propiamente universitaria) es un sitio de potenciales accidentes debido a una sencilla razón: no son manejados en su totalidad por personas entrenadas, sino por los estudiantes, que son los que realizan sus prácticas con el fin de aprender habilidades manuales para su posterior desempeño laboral. Aunque la presencia de los profesores y técnicos es obligatoria, esto no es suficiente para evitar males mayores.

En inspecciones realizadas en distintos laboratorios de dos países diferentes (Cuba y Zimbabwe), el equipo que realizó esta investigación, encontró varias irregularidades que podrían conducir a posibles accidentes en los laboratorios.

En esencia estos aspectos se resumen en la siguiente lista:

- Incorrecta distribución de las áreas del laboratorio.
- Ubicación inadecuada de los reactivos y disolventes en los armarios y almacenes de reactivos.
- Uso de disolventes peligrosos para la salud.
- Inexistencia de recipientes clasificados para distintos tipos de residuales sólidos y líquidos.
- No aprovechamiento de los residuales como materias primas de procesos posteriores.

Cada uno de estos aspectos puede traer consecuencias fatales en los estudiantes fundamentalmente ya que son los de menos experiencia y poseen menos conocimientos sobre la peligrosidad de los reactivos y disolventes que utilizan en sus prácticas o que existen en el laboratorio.

La incorrecta distribución de las áreas del laboratorio docente no permitiría el desempeño adecuado de los estudiantes. La falta de una meseta frontal a los puestos de trabajo de los estudiantes acondicionada con los recursos necesarios para posibles demostraciones hace que los estudiantes se coloquen en posiciones a veces incómodas y alejadas de sus puestos de trabajo con el fin de escuchar y/o ver la explicación del profesor. En muchas ocasiones, los reactivos de trabajo se encuentran directamente en las mesetas de trabajo de los estudiantes, lo que de cierta forma evitaría el acceso de los mismos a los locales de almacenamiento o a los armarios presentes en el propio laboratorio. De cierta forma esto evitaría el contacto con los reactivos y evitaría accidentes lamentables. Sin embargo, esta opción no permitiría la creación de la habilidad temprana del manejo adecuado de los reactivos, manipulación, almacenamiento, clasificación, conocimiento acerca de la toxicidad y peligrosidad, entre otros aspectos.



### *Posible solución auxiliada de los conceptos de la Química Sostenible*

Todo esto podría combatirse usando dos armas fundamentales: las regulaciones internacionales sobre manejo adecuado de los laboratorios y algunos elementos de la Química Verde, como complemento eficiente del manejo actual de la Química. De esta forma, fue posible diseñar un *Sistema de Soluciones a riesgos laborales en un laboratorio docente químico*, para su pronta implementación.

### **Resultados y discusión**

Partiendo del análisis de la bibliografía, manuales, regulaciones y documentos, así como la comparación con laboratorios acreditados del primer mundo, la aplicación de los principios de la química verde (en especial los principios 5,7 y 12, ver figura 1), entre otros aspectos; para combatir el manejo inapropiado de los laboratorios químicos docentes, se propone el siguiente esquema general de *Soluciones a riesgos laborales en un laboratorio docente químico*.



**Esquema 1.** Propuesta general de soluciones a los riesgos en un laboratorio químico docente incluyendo elementos de la química verde.

El esquema muestra claramente 8 áreas fundamentales que garantizarían en gran medida la seguridad de los estudiantes durante el desarrollo de las prácticas de laboratorios y el trabajo científico-estudiantil (proyectos y tesis). A continuación, se explicarán cada una de ellas.

#### *Organización adecuada de los reactivos en los armarios.*

Las regulaciones internacionales establecen normas para el almacenamiento adecuado de los reactivos químicos (Osinsky & Stellman, 2011). Dentro de estas existe una que orienta la colocación de los recipientes dependiendo de su incompatibilidad teniendo en cuenta la peligrosidad descrita a través de los símbolos establecidos o a través de las posibles reacciones entre grupos funcionales (Tabla. 1). Este esquema propone que no se pueden almacenar ácidos orgánicos con ácidos inorgánicos, ni ácidos orgánicos con agentes oxidantes, etc. Este aspecto debe tenerse en cuenta a la hora de organizar los reactivos químicos que tiene el laboratorio docente. Sin embargo, esto no es del todo suficiente, ya que la posición en los armarios también puede acarrear problemas de seguridad y manipulación.

**Tabla. 1.**

Tabla cruzada de incompatibilidad entre reactivos por clase de peligrosidad (American Chemical Society, 2016; Hill & Finster, 2016).

	Acids, inorganic	Acids, oxidizing	Acids, organic	Alkalis (bases)	Oxidizers	Poisons, inorganic	Poisons, organic	Water-reactives	Organic solvents
Acids, inorganic			X	X		X	X	X	X
Acids, oxidizing			X	X		X	X	X	X
Acids, organic	X	X		X	X	X	X	X	
Alkalis (bases)	X	X	X				X	X	X
Oxidizers			X				X	X	X
Poisons, inorganic	X	X	X				X	X	X
Poisons, organic	X	X	X	X	X	X			
Water-reactives	X	X	X	X	X	X			
Organic solvents	X	X		X	X	X			

La posición de los ácidos, por ejemplo, podría ser peligrosa o segura si se colocan en la parte inferior o superior de un armario. De forma general se recomienda colocar los mismos en la parte inferior de los armarios de reactivos (Esquema 2). En el esquema mencionado, la letra F corresponde a los ácidos inorgánicos. En este trabajo se propone su colocación en la parte inferior de los armarios, por razones obvias de manipulación.

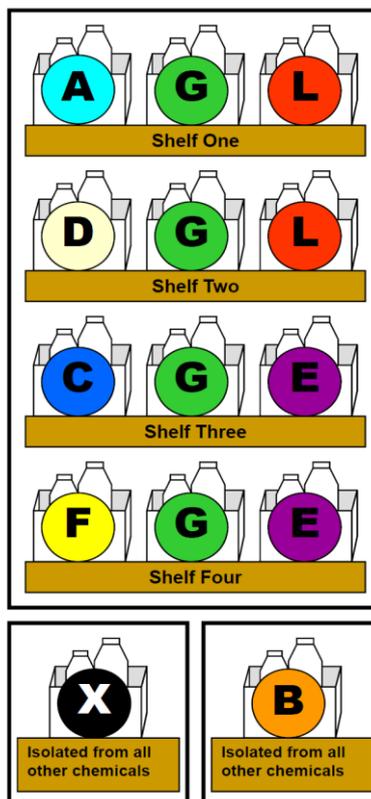
### STORAGE GROUPS

This storage system should be used in conjunction with specific storage recommendations from the manufacturer's label and MSDS.

When possible, isolate all storage groups in separate cabinets. If space does not allow, use the following cabinet scheme to combine storage groups. Use secondary containment as shown to prevent spilled materials from contacting containers of incompatibles that are in the same cabinet.

- A. Compatible Organic Bases
- B. Compatible Pyrophoric & Water Reactive Materials
- C. Compatible Inorganic Bases
- D. Compatible Organic Acids
- E. Compatible Oxidizers including Peroxides
- F. Compatible Inorganic Acids not including Oxidizers or Combustibles
- G. Not Intrinsically Reactive or Flammable or Combustible
- J. Poison Compressed Gases
- K. Compatible Explosive or other highly Unstable Materials
- L. Non-Reactive Flammables and Combustibles including solvents
- X. Incompatible with ALL other storage groups

For Storage Groups J, K, and X: Contact VEHS at 2-2057.

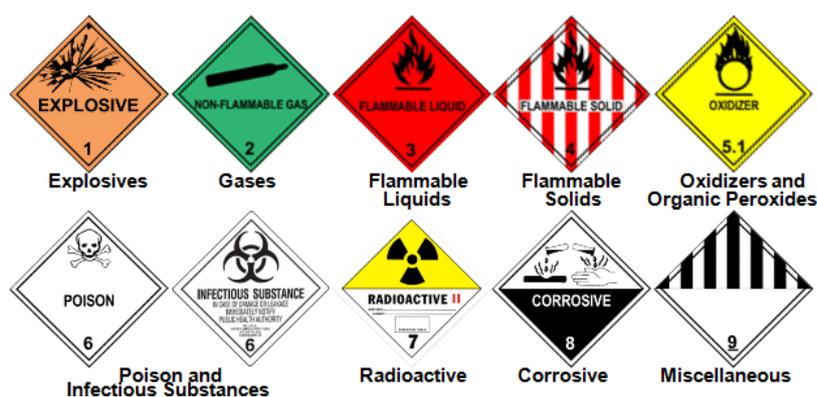


**Esquema 2.** Propuesta de ubicación de los reactivos en los armarios teniendo en cuenta su incompatibilidad, pero sobre todo la peligrosidad que impone una mala colocación.

### Conocimiento de los símbolos de peligrosidad o pictogramas.

Aunque los reactivos se encuentren en los lugares adecuados, es importante que se conozcan los símbolos de peligrosidad y toxicidad que vienen en las etiquetas de los frascos comerciales (Fig. 3). De esta forma se garantizaría en los estudiantes, no solo una preparación en materias de seguridad durante las prácticas de laboratorio, sino aprenderían algo que seguro les servirá durante toda su vida profesional.

Algunas entrevistas realizadas a estudiantes y docentes en los centros visitados, se encontró un desconocimiento parcial del significado de los símbolos de peligrosidad que vienen en los frascos de reactivos, y por ende se cae en un mal almacenamiento de los mismos. Esto viene motivado en gran medida por la falta no solo de carteles en los laboratorios referentes a estos símbolos, sino también a la falta de alguna temática al respecto en los respectivos programas de ciencias fundamentalmente en los niveles preuniversitarios. De esta forma se propone la inclusión de un capítulo acerca de significado de los símbolos de peligrosidad y toxicidad en los libros de texto de Química General de los niveles pre-universitarios y primer año de las carreras de Química, así como una asignatura de Manejo adecuado de los laboratorios Químicos como complementaria, con el fin de afianzar estos conocimientos.



**Figura 3.** Pictogramas: Símbolos de peligrosidad y toxicidad más comunes en los frascos comerciales de reactivos químicos (Panreac Química, 1998).

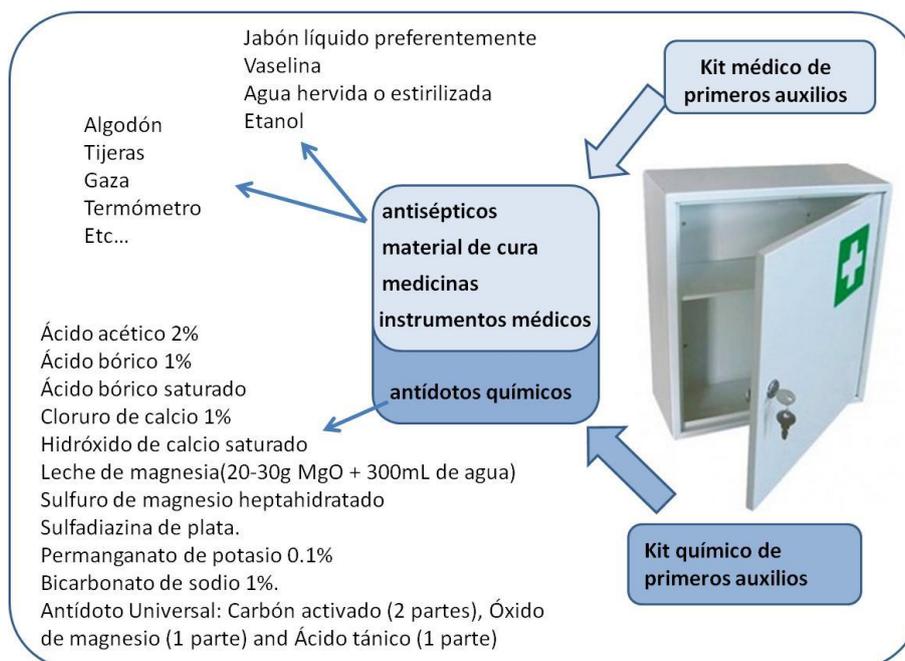
### Seguridad Personal.

Este es uno de los aspectos más conocidos por los estudiantes, ya que comprende el uso de los medios de seguridad personal como: batas de laboratorio, guantes, zapatos de seguridad (o al menos calzado cerrado), gafas de protección, etc. Se incluye en este acápite, el peinado recomendado para las estudiantes. En muchos institutos, laboratorios de investigación y universidades recomiendan a las chicas no llevar el pelo suelto.

### Botiquín médico y puesto contra incendios.

Ambos puestos son de vital importancia para la seguridad no solo de los estudiantes y docentes, sino del laboratorio completo. El botiquín debe contener como mínimo lo establecido por las regulaciones internacionales (Panreac Química, 1998). Sin embargo, siempre es conveniente incluir algunos medicamentos como analgésicos, relajantes musculares, entre otros (Esquema 3). Aparte tener los medios de primeros auxilios en el laboratorio es necesario tener un manual que indique cómo proceder en cada tipo de accidente (Panreac Química, 2005). Por ejemplo, un estudiante que por error ingiera metanol debe beber inmediatamente de 2 a 4 vasos de agua y se le debe provocar el vómito, introduciéndole dos dedos hasta tocarle la campanilla. Después de cada vómito administrarle abundantes vasos de agua salada templada. Otros casos muy comunes son las cortadas y las quemaduras con ácidos o mantas de calentamiento. Por ello se debe contar con medicamentos adecuados para tratar quemaduras, tal como la sulfadiazina de plata.

Por otro lado, el puesto contra incendios debe contener aparte de lo establecido por las leyes (extintores adecuados), arena, una pala, un pico y mantas.



**Esquema 3.** Propuesta de botiquín de primeros auxilios en un laboratorio docente químico, útil no solo para accidentes químicos sino para dolencias y accidentes comunes. (Fuente: autores).

#### *Manejo adecuado de materiales y reactivos.*

Aunque muchas ramas de la química en sus prácticas de laboratorio enseñan las técnicas adecuadas de medición, trasvaso, pesada, etc., en muchas ocasiones por comodidad o por razones de tiempo se cometen errores que pueden no solo conllevar a malos resultados en los experimentos, sino también a lamentables accidentes.

Un caso sencillo y que tiende a pasar por alto es la técnica para pipetear. En muchas ocasiones por razones de tiempo los estudiantes pipetea con la boca en lugar de usar una pera de goma para succionar los líquidos desde el frasco del reactivo hasta el sitio de reacción o de medición. Esto puede provocar quemaduras en la boca cuando se trabaja con ácidos y bases, e incluso con disolventes orgánicos. Para evitar esto es necesario insistir en el uso de la pera de goma y enseñar las técnicas correctas para su manejo.

La existencia de las pipetas y micropipetas semiautomáticas evita en cierta medida los accidentes, pero no los errores de trabajo. La bibliografía describe técnicas para un pipeteo correcto, por ejemplo, como lo describe la compañía Mettler-Toledo Intl. Inc en su página web oficial (Mettler-Toledo, 2022).

No solo el manejo de instrumentos puede provocar accidentes o malos resultados. La preparación de disoluciones a veces puede tornarse peligrosa cuando no se realiza correctamente. Un ejemplo claro lo constituye la dilución del ácido sulfúrico concentrado. Se conoce perfectamente que se debe añadir el ácido sulfúrico concentrado al agua bajo suave agitación constante y no al contrario, ya que el proceso de disolución es muy energético (Vázquez, 2007).

#### *Diseño correcto del laboratorio.*

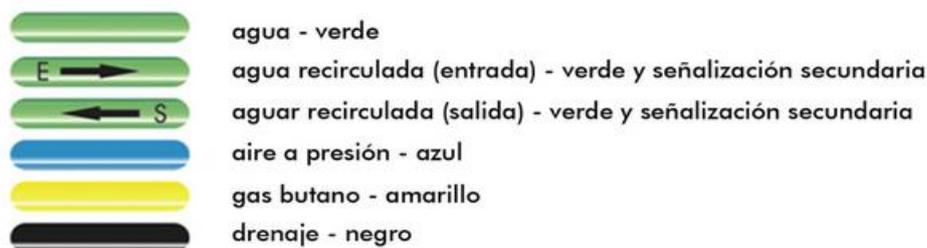
En países desarrollados es común encontrar laboratorios prediseñados en edificios modernos que por lo general cumplen con las regulaciones establecidas de tamaño y disposición especial de las distintas partes del mismo (Rodríguez & Cárcel, 2013; DiBerardinis, 2013). Sin embargo, en países en vías de desarrollo y los denominados países del tercer mundo esto no es posible ya que por lo general los laboratorios se instalan en edificaciones y/o habitaciones concebidas para otras funciones. A primera vista esto podría

constituir un problema, pero si la adaptación a dichos locales se hace siguiendo un diseño lógico y cumpliendo ciertas reglas, entonces se puede lograr un laboratorio químico con bajos índices de riesgos de accidentes. Esto sería válido tanto para laboratorios docentes como de investigación.

El diseño correcto del laboratorio debe seguir algunas pautas como las que se listan a continuación (Guardino & Gadea, 1994).

- La altura de las mesetas para laboratorios químicos debe ser la adecuada para garantizar una manipulación correcta de los reactivos y a su vez poder trabajar de pie y también sentados en banquetas con el tamaño adecuado.
- La distancia entre las poyatas del laboratorio debe de ser tal que permitan tener a dos personas sentadas y en línea, y entre ellas espacio para que otra tercera persona pueda desplazarse (Rodríguez & Cárcel, 2013; DiBerardinis, 2013).
- Un laboratorio debe contar al menos con dos puertas de entrada-salida, con un tamaño adecuado para en caso de salidas urgentes no provoque atascos. En el laboratorio se debe de habilitar una zona para los lavajos y duchas de emergencia, sobre todo en laboratorios químicos, médicos o biológicos. De fácil y rápido acceso. Ninguna persona debería de andar más de 5 m., desde cualquier lugar en donde esté, sin encontrar un lavajos (Rodríguez & Cárcel, 2013; DiBerardinis, 2013).
- Las tuberías de agua, gas y vacío deben estar correctamente identificadas por códigos de colores internacionales (Figura 4).
- Aunque el laboratorio cuente con equipos de climatización, debe contar con amplias ventanas para poder ventilar rápidamente el mismo en casos de escapes de gas.
- No pueden faltar las vitrinas con campanas de extracción de gases para reacciones que necesiten de esta medida de seguridad.
- El laboratorio debe de considerarse como un sector de incendio, independiente del resto. Por lo que su estructura ha de contemplar la posibilidad de que lo que ocurra dentro del laboratorio no se extienda a otras áreas. Si el cableado ha de pasar de una dependencia a otra, atravesando la pared, se ha de sellar ésta con productos intumescentes de forma que no sea éste un medio de transporte de fuegos entre áreas diferentes (Rodríguez & Cárcel, 2013; DiBerardinis, 2013).

Las medidas de diseño son muchas y deben tenerse en cuenta todas, no solo como medida de seguridad y protección de los profesores y estudiantes. También debe de explicarse algo al respecto a los estudiantes dentro de las asignaturas vinculadas a las prácticas para de esta forma ir fomentando el correcto diseño de los laboratorios como parte de su educación química.



**Figura 4.** Código de colores internacional para las tuberías en los laboratorios químicos.

#### *Clasificación correcta y almacenamiento adecuado de residuales.*

Tal vez uno de los problemas más complejos de un laboratorio químico es la generación de residuales. Desde el punto de vista ambiental en un laboratorio se desechan productos por los fregaderos que no se consideran contaminantes, sin embargo, si lo son, sea a corto o largo plazo. Algunos como sales inorgánicas y disolventes orgánicos miscibles en agua se vierten a los desagües sin consideración alguna. Debido a esto muchas empresas, centros de investigación y universidades de países punteros en la Química han elaborado distintas clasificaciones de estos residuales (Clavero Subías et al., 1998; Gadea & Guardino, 1991). Esto

permite no solo evitar el vertimiento de contaminantes, sino que en cierta medida abre una puerta al reciclaje de una gran parte de los disolventes y otras sustancias importantes.

La bibliografía describe distintos grupos de clasificación de residuales químicos generados en los laboratorios (Clavero Subías et al., 1998; Gadea & Guardino, 1991). Basado en esto y teniendo en cuenta la creación de un sistema fácil de identificación, clasificación y nomenclatura de los residuales se propone lo expuesto en la Tabla 2.

**Tabla. 2.**

*Sistema sencillo de codificación propuesto para clasificación de residuales de laboratorios químicos.*

Grupo	Denominación	Categorías	Código
1	Disol. Halogenados	Disol. Halogenados	X
2	Disol. No Halogenados	Hidrocarburos	Hyd.
		Disolventes oxigenados	Oxy
		Disolventes sulfurados	Sulph.
		Disolventes nitrogenados	Nitro.
3	Líquidos y disoluciones acuosas no ácidas.	Disol. Básicas	B
		Disol. con metales	M
		Disol. con metales pesados	HM
		Formol	F
		Reactivos de laboratorio líquidos conocidos o identificados.	Liq.
4	Disol. Ácidas	Disol. Ácidas	H+
5	Aceites	Aceites	Oils
6	Sólidos	Sólidos de laboratorio conocidos o identificados.	S
		Gel de sílice	SiG
7	Especiales	Material o envases contaminados con sustancias no cancerígenas.	Spec.

El código propuesto se basa en las iniciales o partes de las palabras en inglés de cada tipo de categoría. Nótese que este código es una propuesta sencilla para Laboratorios Químicos Docentes

Los dos primeros grupos agrupan los disolventes orgánicos divididos en halogenados y no halogenados. Se entiende por halogenados, los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%. Por otro lado, se clasifican como no halogenados los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos (Clavero Subías et al., 1998; Gadea & Guardino, 1991; Guardino & Gadea, 1994).

La bibliografía describe una clasificación semejante a la propuesta en este trabajo (Universidad Complutense de Madrid, 2007). Sin embargo, en este trabajo se propone una mayor división o clasificación de los disolventes no halogenados, con el fin de proponer rutas de reciclaje de los mismos en el mismo laboratorio docente, ya que evidentemente el grado de pureza final no será ideal para investigaciones pero sí para fines demostrativos. De esta forma, quedarían subdivididos los disolventes no halogenados en: hidrocarburos, oxigenados, sulfurados y nitrogenados. Los disolventes que contengan otros elementos como silicio (tetrametilsilano, TMS) podrán almacenarse en recipientes denominados como disolventes especiales.

En otro grupo aparecen los líquidos y disoluciones acuosas no ácidas. En la cual se propone una separación de las disoluciones que contienen metales pesados del resto de las que contienen otros cationes. El resto de la clasificación se corresponde con lo descrito en la bibliografía. No obstante, durante el diseño y desarrollo



de las prácticas de laboratorio se puede tener en cuenta propuestas de sistemas de reciclaje interno que permita aprovechar los residuales y desechos de una práctica como materia prima de siguientes experimentos. Un ejemplo sencillo lo constituye la obtención del sulfato de tetramínocobre (II) partiendo de sulfato de cobre (II) pentahidratado. Normalmente el sulfato de cobre tiene como aplicación industrial la deshidratación del etanol con el fin de aumentar su grado alcohólico. Luego de usarse varias veces dicha sal no retorna a su aspecto inicial y su aspecto físico denota que no se encuentra totalmente hidratada. Sin embargo, se puede usar como materia prima para la obtención del complejo mencionado<sup>11</sup>. Así como este ejemplo existen varios que pueden de cierta forma optimizar los recursos del laboratorio y convertir los mismos en locales más seguros, eficientes y más amigables con el medioambiente.

#### *Remplazo de disolventes dañinos por disolventes benignos.*

Uno de los principios de la química verde tiene como fin potenciar el uso de los llamados disolventes benignos (Principio 5, Fig. 1). Sin embargo, en muchas prácticas de laboratorio se siguen usando disolventes como benceno, piridina, etc. Los mismos pueden ser reemplazados en ocasiones por otros más benignos con polaridades y constantes dieléctricas similares, lo que no afectaría la función de los mismos durante las prácticas.

¿Cuáles disolventes se consideren benignos? Es una pregunta que muchos se hacen al conocer el término *disolvente benigno*. Se considera benigno a aquellos disolventes ambientalmente respetuosos. En este grupo se hallan los disolventes libres de compuestos clorados, con baja toxicidad y baja reactividad incremental máxima, comparados con los disolventes convencionales. Disolventes como agua, etanol, acetona, los ésteres y glicoles son considerados benignos.

La tabla siguiente muestra algunas posibilidades de remplazo de disolventes dañinos por disolventes “verdes” (benignos).

**Tabla. 3.**

*Posibles reemplazos de disolventes dañinos por disolventes benignos.*

Disolventes dañinos		Disolventes benignos	
Compuesto	Índice de polaridad	Compuesto	Índice de polaridad
Cloroformo	4.1	Acetato de etilo	4.4
Dicloroetano	3.5	Acetato de butilo	3.9
Benceno	2.7	Éter dietílico	2.8

#### **Conclusiones**

En este trabajo se propone un grupo de soluciones integrales *para enfrentar los riesgos de accidentes en el laboratorio químico docente*, logrando de esta forma un manejo adecuado del mismo usando como apoyo elementos de la Química Sostenible. Varias de las propuestas de esta investigación metodológica se basaron en el estudio, análisis, adaptación y aplicación al laboratorio docente de las regulaciones establecidas por grandes centros de investigación en el mundo. Sin embargo, se plantean algunas soluciones y aportes provenientes de los principios de la Química Verde. Se tocan aspectos como el uso de disolventes benignos, el reciclaje de reactivos y disolventes, la organización adecuada de reactivos y la clasificación certera de residuales con el fin de prevenir riesgos laborales.

#### **Referencias Bibliográficas**

American Chemical Society. (2016). Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Academic Institutions. Anastas, P., & Warner, J. C. (1998). Green Chemistry: Theory and Practice. New York: Oxford University Press, Pag. 30. ISBN: 0198502346, 9780198502340.

<sup>11</sup> Práctica de Laboratorio puesta a punta por estudiantes del Grupo de Productos Bioactivos y Química Sostenible de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.





## ORANGE JOURNAL

- Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2003). Through the 12 Principles Green Engineering. *Environ. Sci. Technol.*, 37, 94A-101A.
- Cannon, A.S., Pont, J.L., & Warner, J.C. (2012). *Green chemistry and the pharmaceutical industry. Green techniques for organic synthesis and medicinal chemistry.* New York: John Wiley & Sons.
- Clavero Subías, J. M., Ysern Comas, Y., Gállego Peiré, B., Travesa Aijón, F., Gadea Carrera, E., & Guardino Solá, X. (1998). NTP 480: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación (Hazardous waste management in the university and research laboratories). España: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- Colorado, M. (2019) 'Química verde': una ciencia sostenible ambiental y economicamente. *france24*. <https://www.france24.com/es/20190625-medio-ambiente-quimica-verde-ciencia>
- DiBerardinis, L.J., Baum, J. S., First, M.W., Gatwood, G.T., & Seth, A.K., (March 2013). *Guidelines for Laboratory Design: Health, Safety, and Environmental Considerations*, 4th Edition. ISBN: 978-0-470-50552-6.
- Ferrer, A. (2019). Química Sostenible y Sostenibilidad: un cambio de mentalidad. *Encuentro con la Química*, 5(3), 30-34.
- Gadea, E., & Guardino, X. (1991). NTP-276. Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales. España: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- Guardino, J.V., & Gadea, E. (1994): Ubicación, distribución y diseño de los laboratorios. *Técnicas de Laboratorio*, 188(1), 17-24. ISSN: 0371-5728.
- Hill, R.H., & Finster, D. C. (2016): *Laboratory Safety for Chemistry Students*, 2nd Ed. NJ.: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken. ISBN: 978-0-470-34428-6.
- Mettler-Toledo (2022). Pipette Management. <https://www.mt.com/es/en/home/products/pipettes/pipette-management.html> (Consulta: Agosto 29, 2022)
- Osinsky, D., & Stellman, J. M. (2011). Using, Storing and Transporting Chemicals. In *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. Jeanne Mager Stellman, Editor-in-Chief. Geneva: International Labor Organization, pag. 61.
- PANREAC Química: colectivo de autores, (1998). *Manual: Seguridad en Laboratorios Químicos*. PANREAC Química. S.A.
- PANREAC Química: colectivo de autores. (2005) *Manual de seguridad en los laboratorios químicos*, España. Dep. Legal. 064-8-5.000 - 08/05
- Rodríguez, M. & Cárcel, F.J. (2013) Considerations for the design of Laboratories in the Chemical Industry. *3Ciencias: Tecnologías*, 6, 1-13. ISSN: 2254 – 4143
- Sanmartín Ramón, G.S., Zhigue Luna, R.A., & Alaña Castillo, T. P. (2017). El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. *Universidad y Sociedad*, 9(1), pp. 36-40. <http://rus.ucf.edu.cu/>
- Universidad Complutense de Madrid (2007). *Manual de Gestión de Residuos Peligrosos de la Universidad Complutense de Madrid*, pp. 16-23. <https://www.ucm.es/cdcysd/file/manual-de-gestion-de-residuos-peligrosos>
- Vázquez, C. (2007). Normas de seguridad en los laboratorios de química escolares. *Revista Digital: Innovación y Experiencias Educativas*. Deposito Legal: GR 2922/2007, 17, p. 6. ISSN: 1988-6047,
- Wikipedia (2022). Laboratorio. <https://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio>
- Youtube (n/d). Simulacro de emergencia en laboratorio químico. Derrame II. Alumnos en prácticas. [https://www.youtube.com/watch?v=ZEq\\_O7xCqEs](https://www.youtube.com/watch?v=ZEq_O7xCqEs)

