

Análisis del inventario de sustancias químicas en un laboratorio de Microbiología

López-Gómez L.¹, Pérez-Sánchez L.², Ortega-Olmos I.³, Rodríguez-Miranda I.³, Muñiz-Maldonado R.³, Granados-Rodríguez J.³, López-Godínez J.³, y Lira-Vallejo J.³

¹Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, ²División de Ciencias Económico Administrativas, ³División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato.
jj.liravallejo@ugto.mx³

Resumen

Las sustancias químicas aún en confinamiento pueden reaccionar entre ellas debido a sus características de explosividad, inflamabilidad, corrosividad, toxicidad o capacidad comburente. Conocer y aplicar normas oficiales mexicanas enfocadas en identificar riesgos de incompatibilidad química en los almacenes de laboratorios de enseñanza puede prevenir accidentes fatales.

Este trabajo presenta los resultados de la implantación de los principales requisitos de las NOM 005 y 006 vigiladas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Palabras clave: sustancias químicas; educación superior.

Introducción

La enseñanza de las ciencias naturales y exactas requiere de prácticas de laboratorio en ambientes controlados que permitan comprobar principios científicos y generen nuevo conocimiento (Reina, 2021). Por ello, la seguridad en los laboratorios de enseñanza cobra gran relevancia al tratar de manera específica las condiciones de infraestructura y manipulación, transporte y almacenamiento de sustancias químicas.

Particularmente cuando estas últimas han provocado serios accidentes de laboratorio que costaron millones de pesos de inversión, lesiones orgánicas y pérdidas humanas en Instituciones de Educación Superior (Luna, 2022; Tehuana, 2022). Pues las sustancias químicas aún en confinamiento, menciona Sánchez (2016), pueden reaccionar entre ellas de manera violenta debido a sus características de explosividad, inflamabilidad, corrosividad, toxicidad o capacidad comburente (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las sustancias químicas

| Categoría de peligro | | Descripción |
|------------------------------|---|--|
| Explosiva |  | Aquella sustancia química, que en estado sólido o líquido, de manera espontánea o por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que cause daños a su entorno. |
| Inflamable |  | Aquella que es capaz de inflamarse y de arder al aumentar su temperatura. Las sustancias más inflamables son líquidos con punto de ignición por debajo de los 60 °C. |
| Comburente / oxidante |  | Aquella que generalmente contienen o liberan oxígeno y puede provocar o facilitar la combustión de otros materiales o contribuyen a ella. |
| Tóxica |  | Aquella con capacidad de causar daño o efectos adversos a la salud y vida de un organismo vivo al ser ingeridos, inhalados o entrar en contacto con la piel. Los efectos de estas sustancias pueden ser cancerígenos, mutagénicos, teratogénicos, disminuir la capacidad mental y las que afectan la coordinación motriz |

Corrosiva



Aquella que, por su acción química, puede causar daño severo o destrucción a toda superficie con la que entre en contacto incluyendo la piel, los tejidos, metales, textiles, etc. Causa quemaduras graves y se aplica tanto a líquidos o sólidos que tocan las superficies, como a gases y vapores que en cantidad suficiente provocan fuertes irritaciones de las mucosas.

Fuente: Adaptado de NOM 005-STPS-1998

Por tal motivo la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (por sus siglas, STPS) en su carácter de dependencia federal encargada de la seguridad e higiene a nivel nacional, vigila el cumplimiento de normas oficiales obligatorias pendientes de mitigar los riesgos y accidentes de trabajo en toda organización donde se cuente con sustancias y residuos químicos con la potencialidad de causar algún daño a la salud o medio ambiente (Díaz, 2020; Parra-Tapia, 2019)

Si bien a la fecha existen 44 normas oficiales mexicanas en materia de seguridad e higiene, sólo 7 de ellas están enfocadas en observar la eliminación de accidentes a través de la identificación de elementos de riesgos por interacción con sustancias químicas que comprometen la seguridad en los laboratorios de enseñanza (véase Tabla 2).

Tabla 2. *NOM aplicables a sustancias químicas*

| Normas STPS aplicables a sustancias químicas | |
|--|--|
| NOM-005-STPS-1998 | Relativa a las condiciones de seguridad de manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas |
| NOM-006-STPS-2014 | Manejo y almacenamiento de materiales-Condiciónes de seguridad y salud en el trabajo |
| NOM-010-STPS-2014 | Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control |
| NOM-017-STPS-2008 | Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo de los centros de trabajo |
| NOM-018-STPS-2015 | Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas |
| NOM-026-STPS-2008 | Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías |
| NOM-028-STPS-2012 | Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas |

Fuente: Elaboración propia

En este trabajo se muestra la aplicabilidad de 2 de ellas en un almacén de laboratorio de docencia universitaria, donde se pretendía establecer un análisis y actualización del inventario a fin de implementar condiciones seguras de manipulación, transporte y disposición de variados reactivos químicos. Ya que su ubicación e incompatibilidad química podían originar un accidente o explosión (Jiménez, 2015).

Así, la observancia de las normas en materia de seguridad, NOM-005-STPS-1998 y NOM-006-STPS-2014, al prever la existencia y constante actualización de los riesgos asociados al almacenamiento de sustancias químicas, considerando sus características físicas, químicas y toxicológicas, así como su grado de compatibilidad en estantería, exigen un completo orden y limpieza que evidencie la correcta distribución y condiciones estructurales del anaquel a fin de evitar cualquier tipo de reacción química.

Metodología

Este trabajo implementa el método de aprendizaje por indagación como herramienta de experiencia inmersiva (Romero-Araiza, 2017) en un caso donde se requieren aplicar conceptos científicos.

Dicha experiencia se llevó a cabo en dos momentos diferentes; el diagnóstico y propuesta de intervención. La primera consistió en la observación de aplicabilidad de las NOM STPS 005 y 006, en materia de almacenamiento de sustancias químicas, a fin de valorar el grado de cumplimiento de identificación de riesgos por disposición, limpieza y condiciones del espacio. La intervención analizó la disposición de sustancias y sus posibles incompatibilidades y desarrolla una propuesta adecuada a la capacidad instalada, el mobiliario disponible y la compatibilidad entre sustancias.

Resultados y discusión

La clasificación y almacenamiento de sustancias químicas debe siempre marginar la incompatibilidad química entre ellas (véase Tabla 3), es decir, evitar toda interacción que provoque reacciones químicas no deseadas y genere accidentes en virtud de su categoría de peligro químico; a saber, sustancias explosivas, inflamables, oxidantes, tóxicas y corrosivas.

Tabla 3. Incompatibilidad química

| | Explosivo | Inflamable | Oxidante | Tóxico | Corrosivo |
|-----------------------------|--|--|---|--|---|
| Característica | Estímulo externo genera reacción exotérmica | Ante comburente hay combustión | Provoca o favorece inflamación | Provoca enfermedad | Dañan o destruyen superficies por contacto |
| Condición por evitar | Golpes y fuentes de calor | Sustancias comburentes | Sustancias combustibles | Contacto directo | |
| Sustancias ejemplo | <ul style="list-style-type: none"> • KNO₃ • KClO₃ • Nitrocelulosa | <ul style="list-style-type: none"> • Alcoholes • Amoniaco • Ácido acético | <ul style="list-style-type: none"> • Agente oxidante • Halógenos • Ác. inorgánicos | <ul style="list-style-type: none"> • Metales pesados • Tolueno | <ul style="list-style-type: none"> • Ác. fuertes • Alcalis fuertes • Oxidante fuerte |

Fuente: Elaboración propia

Diagnóstico

El laboratorio de docencia de Microbiología, ubicado en la planta alta del Edificio H, es utilizado como espacio de experimentación para la enseñanza de diversas especialidades de la biología; por tanto, cuenta con un almacén que provee de reactivos con carácter químico, bioquímico y biológico.

Debido a que el espacio es reducido (Figura 1) alberga material, equipo y sustancias químicas (Figura 2). Por tal motivo estas últimas se encuentran acomodadas en un espacio muy reducido y en orden alfabético, sin importar si son de carácter orgánico o inorgánico.

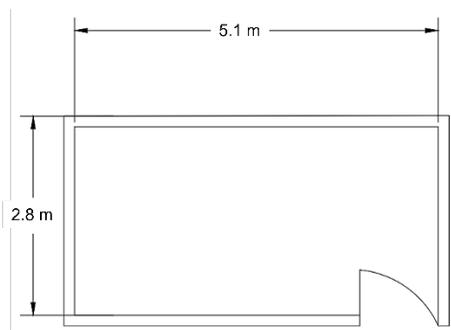


Figura 1. Layout del almacén

Se observa con ello que no existe una un criterio de compatibilidad química y las sustancias pueden tener interacciones entre ellas. Situación que, dada la naturaleza de los estantes, podría resultar en la combustión y explosión del espacio y áreas próximas; especialmente cuando se aprecia que la estabilidad de los estantes de madera está comprometida debido al paso del tiempo (Figura 3).



Figura 2. Acomodo de reactivos



Figura 3. Condición de estantes

Intervención

Tras identificar las condiciones de almacenamiento de sustancias químicas, la dificultad de movilidad y acceso a éstas dentro del espacio; se procedió a actualizar el inventario de reactivos para conocer la disposición más adecuada a la capacidad instalada. Tal actividad, además, permitió separar envases vacíos y reactivos con fecha de expiración mayor a 10 años; concluyendo así en la limpieza y aprovechamiento del espacio de anaquel (Figura 4).



Figura 4. Disposición de reactivos

De la actualización del inventario, valoración del envase original de la sustancia y su clasificación química por familias se desarrolló el análisis de reactivos y su tabla de incompatibilidad química (Tabla 4).

Tabla 4. Incompatibilidad química por familias

| Sustancia | Incompatibilidad / reacción |
|-------------------|---|
| Haluros | agentes oxidantes fuertes y agentes corrosivos fuertes oxidan a cloro elemental |
| Sulfatos | agentes corrosivos fuertes reaccionan violentamente |
| Fosfatos | agentes oxidantes fuertes y ácidos |
| Carbonatos | agentes oxidantes fuertes y ácidos |
| Hidróxidos | agentes oxidantes, haluros y ácidos |
| Óxidos | agua y ácidos |
| Cromatos | agentes reductores |
| Nitratos | agentes reductores y ácidos |
| Permanganatos | ácidos |
| Acetatos | agentes oxidantes fuertes y álcalis fuertes |
| Ác. inorgánicos | agua, agentes oxidantes fuertes y álcalis fuertes |
| Agar | no conocidas, no reportadas |
| Base de agar | no conocidas, no reportadas |
| Medios de cultivo | no conocidas, no reportadas |
| Caldos de cultivo | no conocidas, no reportadas |
| Colorantes | agentes oxidantes fuertes |
| Alcoholes | agentes oxidantes |
| Aldehídos | agentes oxidantes fuertes y agentes corrosivos fuertes |
| Aminoácidos | agentes oxidantes fuertes |
| Ác. orgánicos | agentes oxidantes fuertes |

Fuente: Elaboración propia

Dicho análisis, en congruencia con Vargas (2020), facilitó el desarrollo de la Tabla de compatibilidad química aplicable al inventario de reactivos existentes (Tabla 5).

Tabla 5. Compatibilidad entre sustancias químicas

| | Inflamables | Ácido inorgánico | Ácido orgánico | Alcalinos | Oxidantes | Tóxicos inorgánicos | Tóxicos orgánicos |
|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------|-----------|---------------------|-------------------|
| Inflamables | | x | | x | x | x | |
| Ácido inorgánico | x | | x | x | | x | x |
| Ácido orgánico | | x | | x | x | x | x |
| Alcalinos | x | x | x | | | | x |
| Oxidantes | x | | x | | | | x |
| Tóxicos inorgánicos | x | x | x | | | | x |
| Tóxicos orgánicos | | x | x | x | x | x | |

Fuente: Adaptado de Vargas, 2020

En base a ello, la siguiente disposición de reactivos, no sólo atiende a la capacidad instalada del laboratorio de docencia universitaria (Figura 5), sino que asegura el abatimiento de interacciones químicas.



| | | |
|---------------|----------|-------------------|
| Haluros | Sulfatos | Agar |
| Fosfatos | | Base de agar |
| Carbonatos | | |
| Hidróxidos | Óxidos | Medios de cultivo |
| Cromatos | Nitratos | |
| Permanganatos | | |
| Acetatos | | Caldos cultivo |

Disposición conforme a la norma

| |
|---------------|
| Colorantes |
| Alcoholes |
| Aldehídos |
| Aminoácidos |
| Ác. orgánicos |

Figura 5. Propuesta de almacenamiento de sustancias químicas conforme a la normatividad vigente

Conclusiones

Mantener actualizado el inventario de sustancias químicas a fin de identificar su cantidad, categoría de peligro e incompatibilidades químicas no sólo limita los riesgos asociados al almacenamiento de reactivos diversos, sino que permite aprovechar los espacios y facilita la limpieza de los almacenes; suministra información valiosa para tomar decisiones críticas al momento de cotizar estantes, anaqueles y cualquier otro mueble de almacenamiento e incluso para considerar el intercambio de los muebles disponibles cuando no existe otra posibilidad.

De esta forma, las buenas prácticas y aprendizaje significativo trascienden el aula y se ejecutan fácilmente cuando así lo exige la industria o es necesario aplicarlo a través de prácticas profesionales cuando se es auditado por la autoridad competente.

Perspectivas

Derivado de los resultados de este trabajo y en atención al cabal cumplimiento de las normas observadas; se pretende:

- Realizar la baja y correcta disposición de sustancias químicas caducadas al menos hace cinco años atrás.
- Organizar de manera física el almacén del laboratorio de acuerdo con la propuesta de intervención aquí realizada.
- Desarrollar una propuesta de estantes y anaqueles para resguardo de reactivos acorde al espacio y características de reactividad.
- Analizar las hojas de seguridad correspondientes a cada reactivo y, en su caso, actualizar las etiquetas de rombo (no adecuadas) a las del sistema globalmente armonizado prevista por la normatividad mexicana.

Bibliografía/Referencias

- Díaz, A. (2020) Actualización del Análisis de Riesgo de las sustancias químicas peligrosas en una industria automotriz de acuerdo a la NOM-005-STPS-1998. [Tesis de Licenciatura]. Instituto Politécnico Nacional.
- Jiménez, J. (2015). Actualización del estudio de las sustancias químicas peligrosas en las instalaciones de la Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A. de C.V y mercancías peligrosas del Puerto Interior. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior.
- Luna, A. (21 de marzo de 2022) *FES Zaragoza: Explosión en laboratorio deja 3 lesionados*. Expansión política. <https://politica.expansion.mx/cdmx/2022/03/21/fes-zaragoza-explosion-en-laboratorio-deja-3-lesionados>
- NOM-005 (1998). Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud.
- NOM-006 (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-006-STPS-2014, Manejo y almacenamiento de materiales- Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud.
- Parra-Tapia. (2019). Salud y seguridad laboral: intervención educativa en trabajadores de limpieza en áreas de investigación. *Salud pública de México*. 5(61). pp. 657-669.
- Reina, R. (2021) Seguridad en el laboratorio: una aproximación práctica. *Educación Química*. 32(4). pp. 45-58
- Romero-Araiza, M. (2017) El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka*. 2(14). pp. 286-299.
- Sánchez, L. (2016) Elaboración de una guía para el manejo adecuado de sustancias y reactivos químicos en el área de bodega de insumos de una empresa que se dedica a la elaboración de productos del hogar y cuidado personal del Departamento de Escuintla. [Tesis de Maestría]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Tehuana, A. (24 de marzo de 2022) *Estudiantes de química resultan heridos tras explosión en el laboratorio de UPTx*. Telediario. <https://www.telediario.mx/comunidad/explosion-laboratorio-uptx-deja-heridos-estudiantes-tlaxcala>
- Vargas. A. (11 de mayo de 2020). *Lineamientos para el almacenamiento de sustancia químicas*. Recuperado el 11 de julio de 2022, de la Unidad de Regencia Química de la Universidad de Costa Rica. http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/Lineamientos%20para%20almacenamiento_0.pdf