

ENSEÑAR SEGURIDAD ES ENSEÑAR QUÍMICA

Rosa María Catalá y José Antonio Chamizo*

Higiene, seguridad y protección ecológica, en el terreno de la educación, forman parte de un mismo cuerpo. Por eso nos hemos atrevido a clasificar este artículo dentro de la sección ECOQUÍMICA.

Enseñar seguridad en los laboratorios de química, es un ejercicio que los profesores de enseñanza experimental debemos considerar más seriamente cada día. Como se ha

puesto de manifiesto en la columna "Safety in the Chemical Laboratory" aparecida por años en el *Journal of Chemical Education*, tanto en las medidas primarias de protección personal, como en el correcto almacenaje de reactivos, están implícitos numerosos conceptos de química, aprovechables, desde los primeros cursos para la enseñanza integral de los alumnos. Para algunos, el manejo seguro de productos químicos sería tal vez lo único que se debería enseñar (Chewprecha, 1992).

En este artículo presentamos los aspectos básicos de seguridad que deben encontrarse a la mano en todo curso de química experimental, resaltando en particular el caso del bachillerato, con el que hemos trabajado

exitosamente bajo un nuevo sistema de organización durante los dos últimos periodos escolares (Catalá, 1990). La idea básica, como el título lo indica, es ENSEÑAR SEGURIDAD ENSEÑANDO Y REAFIRMANDO ASPECTOS DE QUÍMICA BÁSICA. Para esto, se han desarrollado una serie de tres tablas, presentes en el laboratorio para su consulta rápida, que contemplan tres aspectos de vital importancia en el trabajo diario del laboratorio:

- I. Almacenaje seguro de reactivos.
- II. Desecho seguro de reactivos y residuos químicos.
- III. Tratamiento de accidentes químicos.

I. ALMACENAJE SEGURO DE REACTIVOS

El almacenaje de los reactivos debe ser práctico y seguro en cualquier laboratorio. Por tradición, la forma más común de almacenamiento ha sido la de guardar los reactivos por orden alfabético, sin considerar su naturaleza química. Pero vemos que este método puede y de hecho logra algunas combinaciones peligrosas al colocar un reactivo junto a otro. Por ejemplo, pequeñas cantidades de ácido acético catalizan la reacción de polimerización del acetaldehído, con liberación de grandes cantidades de calor; asimismo, el sulfato cúprico con el clorato de cadmio, explotan al contacto.

Con el fin de evitar éstas, o muchas otras situaciones peligrosas, hemos clasificado y realmacenado nuestros reactivos, separándolos en categorías químicas de acuerdo con su reactividad, no sólo entre ellos, sino considerando como aspecto principal su interacción nociva con seres humanos.

Para diferenciarlos entre sí, hemos utilizado etiquetas de distintos colores, código que, bajo previa consulta en una tabla accesible a todos los que trabajan en el laboratorio, se comprende rápidamente y acaba por volverse familiar para profesores y alumnos.

Cabe mencionar que existen actualmente diferentes métodos de clasificación toxicológica y reactiva de compuestos químicos, la mayoría de ellos desarrollados por los propios fabricantes y adoptadas posteriormente por entidades federativas, principalmente en los Estados Unidos.

Estos sistemas, que aparecen generalmente en las etiquetas de los reactivos, son sumamente útiles y aportan numerosa información sobre los mismos, lo cual hemos también tomado en cuenta para nuestra

*Colegio Madrid, A.C.

Recibido:

7 de abril de 1993

Aceptado:

3 de junio de 1993

Figura 1. Sistemas comerciales de etiquetado.

<p>Sistema DOT</p> <p>Usa placas en forma de rombos con varios colores y símbolos para comunicar un aviso de peligro en materiales para venta comercial. Utiliza un código numérico relacionado con la peligrosidad en el manejo de la sustancia (Ej. el número 3 se asigna a la clasificación Inflamable), y otro código de cuatro cifras para una guía de emergencia, la cual identifica a la sustancia respecto a su toxicidad. Ofrece también información apropiada en caso de accidentes.</p>
<p>Sistema ANSI</p> <p>De uso industrial, para protección de trabajadores. No ofrece características químicas y se limita a resaltar los peligros que pueden sufrirse al contacto de las sustancias.</p>
<p>Sistema HMIS</p> <p>Asigna códigos de colores, según el tipo de sustancia.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Inflamables: rojo — De alta reactividad: amarillos — Tóxicos: azul — Efectos específicos en órganos: blanco <p>También incluye pictogramas para indicar si el manejo requiere equipo de protección.</p>
<p>Sistema NFPA</p> <p>Originalmente desarrollado para su uso por los bomberos, fue adoptado rápidamente por fabricantes y distribuidores como código propio de etiquetas, particularmente por los que surten al mercado educativo. Usa un diagrama en forma de rombo dividido en cuatro partes, usando los colores rojo, para inflamables; azul, para tóxicos y amarillo, para productos reactivos. Las otras tres secciones del rombo manejan un código numérico para indicar grados de toxicidad, reactividad y contacto con agua.</p>

clasificación (figuras 1 y 2) (Wood, 1991).

En nuestra clasificación en el laboratorio de Bachillerato, de acuerdo con la lista oficial de reactivos recomendada por la UNAM, identificamos cinco tipos de compuestos, los cuales almacenamos ahora en gavetas separadas:

I	Tóxicos	Etiqueta azul
II	Inflamables	Etiqueta roja
III	Oxidantes	Etiqueta amarilla
IV	Corrosivos	Etiqueta blanca
V	Sin problemas de almacenaje	Etiqueta verde

Observamos que la separación se hace claramente con base en las propiedades químico-toxicológicas de cada sustancia, lo cual es un recurso nemotécnico importante, tanto para alumnos como profesores: conocer las características de un reactivo repercute directamente en el mejor y más rápido desempeño en su trabajo, y más trascendente aún, repercute sobre su seguridad (Chemistry, 1988).

II. DESECHO SEGURO DE REACTIVOS Y DESECHOS QUÍMICOS

En muchos de los laboratorios de química del mundo y en particular en los de enseñanza media superior, la eliminación de desechos no se considera un tema de importancia.

Gramos, y hasta kilogramos de sustancias nocivas y químicamente activas, se desechan diariamente en las tarjas y tuberías de los laboratorios. Hoy en día, con un medio ambiente tan deteriorado no es posible sostener esta situación. En términos de enseñanza proponemos un sistema rápido y operativo, nuevamente a través del uso de una tabla presente en el laboratorio, para consulta rápida de los usuarios.

Dado que las opciones de desecho no son siempre obvias, se requiere implantar ciertas técnicas y adaptar ciertos procedimientos y áreas para una correcta eliminación de las sustancias de desecho. Aquí hemos adaptado a nuestras circunstancias procedimientos descritos anteriormente (Flinn, 1991).

Las propiedades físicas y químicas de los compuestos y principalmente su reactividad y toxicidad, son aspectos indispensables en la discriminación y elección de formas adecuadas para desechos después de realizar un experimento dado.

La clasificación es ahora más diversa, debido a que la interacción entre compuestos es directa, y por lo tanto mucho más riesgosa que en el almacenaje. En el laboratorio de bachillerato, se detectan 19 tipos de sustancias que se organizan en un código de letras de la A a la T, de acuerdo a las propiedades ya mencionadas (figura 3).

Cada uno de los tipos de sustancias en la lista, aparece en la tabla con una reacción tipo que ejemplifica su desecho. A pesar de que la clasificación es muy

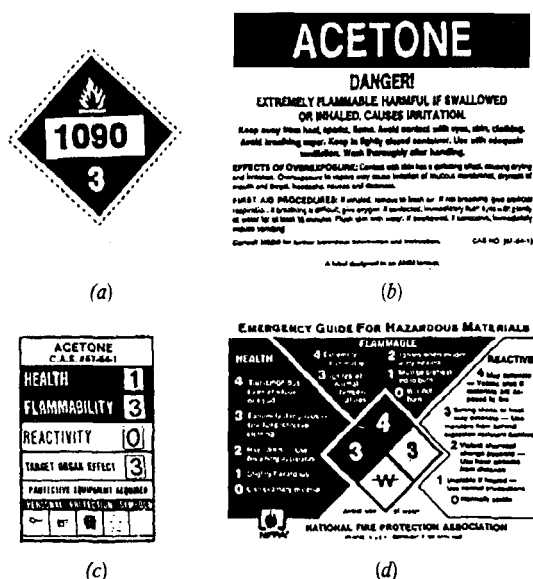


Figura 2. Etiquetas para acetona según los diferentes sistemas descritos en la figura 1. (a) DOT, (b) ANSI, (c) HMIS y (d) NFPA.

extensa, los métodos generales de desecho son cuatro, cada uno a su vez codificado por un color de fondo en la descripción de la técnica particular.

CÓDIGO	TIPO DE SUSTANCIAS	EJEMPLOS
A	Metales alcalinos	Sodio
B	Aminas aromáticas	Anilina
C	Sustancias precipitadas por Ca	HF
D	Disulfuro de carbono	
E	Bases fuertes y débiles	NaOH
F	Compuestos de plata	
G	Agentes oxidantes	KMnO ₄
H	Agentes reductores	Na ₂ S ₂ O ₃
I	Cianuros	
J	Hidrocarburos no volátiles	Benceno
K	Peróxidos inorgánicos	Agua oxigenada
L	Ácidos orgánicos	Ascórbico
M	Ácidos inorgánicos	HCl
N	Mercurio	
O	Sales de antimonio, cadmio, plomo	
P	Sales de mercurio, cobalto, níquel	
Q	Compuestos de bario	
R	Disolventes halogenados	Cloroformo
S	Hidrocarburos volátiles	Acetona
T	Sustancias no reactivas	

Figura 3. Clasificación de las sustancias químicas para su desecho.

TABLA PARA DESECHO DE REACTIVOS QUÍMICOS

MÉTODOS GENERALES

EXCEPCIONES A LA TABLA

A	H	O	S
B	I	P	T
C	J	Q	U
D	K	R	V
E	L	S	W
F	M	T	X
G	N	U	Y

Figura 4. Tabla para desecho de reactivos químicos.

Estos cuatro métodos generales son:

1. Neutralización y arrastre en tarja.
2. Combustión y evaporación.
3. Neutralización y enterrado en campo.
4. Disolventes (en volumen mayor que 1 litro).

Una fotografía de la tabla, que en su versión final mide 100 × 75 cm, se muestra en la figura 4.

EJEMPLO 1	
MÉTODO GENERAL:	Neutralización y arrastre en tarja.
CÓDIGO: A	Metales alcalinos.
CARACTERÍSTICAS:	Muy reactivos al contacto con aire o agua.
CONCEPTO QUÍMICO:	Formación del hidróxido o alcoholato con liberación de H ₂ , seguida de neutralización con HCl.
PROCEDIMIENTO:	Agregar isopropanol, etanol o agua muy lentamente sobre pequeños pedazos del metal (cortados con espátula o cuchillo). Neutralizar con HCl 3M.
EJEMPLO 2	
MÉTODO GENERAL:	Neutralización y enterrado en campo.
CÓDIGO: F	Compuestos de plata.
CARACTERÍSTICAS:	Corrosivos, tóxicos y oxidantes.
CONCEPTO QUÍMICO:	Ninguno en particular.
PROCEDIMIENTO:	Precipitar el AgCl, filtrarlo. Enterrar en campo (si es mucho) o arrastrar junto con la disolución de nitrato de sodio con mucha agua en la tarja.
EJEMPLO 3	
MÉTODO GENERAL:	Combustión o evaporación.
CÓDIGO: B	Aminas aromáticas
CARACTERÍSTICAS:	Tóxicas. Algunas son corrosivas e inflamables. Método adecuado para cantidades pequeñas.
CONCEPTO QUÍMICO:	Ninguno en particular. Combustión.
PROCEDIMIENTO:	Disolver o suspender la amina en el disolvente inflamable (alcohol o acetona). Volcar sobre papel absorbente. Colocar en caja de cartón e incinerar al aire libre.

Figura 5. Ejemplos del uso de la Tabla para Desechos de Reactivos Químicos.



Figura 6. Enterrado de productos tóxicos en el Colegio Madrid, de acuerdo con las recomendaciones de la American Chemical Society (ACS, 1985) (Catalá, 1992).

El método general 4 que corresponde a la descripción de DISOLVENTES EN VOLÚMENES MAYORES QUE un litro, se aplica a todos los disolventes orgánicos que se acumulen en el laboratorio, ya sea con residuos o no. En este caso, el método sugiere almacenarlos en garrafrones para su recuperación o incineración por parte de alguna institución, industria o dependencia adecuadas, ya que no se recomienda hacer combustiones de volúmenes tan elevados.

III. TRATAMIENTO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

Finalmente, con base en los efectos de los reactivos en humanos, las sustancias presentes en un laboratorio tipo, se dividen en 14 grupos, como se muestra en la figura 7.

Se presentan cuatro situaciones posibles en un accidente químico (Lefevre, 1989):

1. Inhalación.
2. Ingestión.
3. Daño en piel.
4. Daño en ojos.

Cada una de estas situaciones tiene un tratamiento general aplicable, independientemente del tipo de sustancia de que se trate. La clasificación se basa entonces en los tipos de síntomas que se tienen con la intoxicación, y la forma de detectar rápidamente el tratamiento, es nuevamente bajo el uso de un código de colores.

En la figura 9 se muestra el aspecto general de la tabla para tratamiento de accidentes químicos. Además de los métodos generales ya descritos se indican los síntomas que se presentan cuando se entra en contacto con los catorce tipos de sustancias químicas. Se indican también las excepciones a los métodos generales, mismas que deben tomarse muy en cuenta para no proceder de forma errónea. En este caso, se da prioridad a la descripción del procedimiento que debe seguirse en lugar de describir los síntomas con detalle. La presencia

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Ácidos
2	Bases
3	Sustancias que reaccionan con agua
4	Líquidos no volátiles
5	Líquidos volátiles
6	Compuestos de bario
7	Sustancias hemotóxicas
8	Sólidos amorfos
9	Derivados de mercurio
10	Sales alcalinas
11	Fósforo y antimonio
12	Sales de plomo
13	Cianuros
14	Sustancias no tóxicas

Figura 7. Clasificación de los productos químicos para el tratamiento de accidentes.

I. INHALACIÓN
Se aplica en todos los casos excepto para el código trece (cianuros).
1. Retirar víctima del área contaminada.
2. Llamar al médico o ambulancia.
3. Aflojarle la ropa, darle aire, si siente mareos o desmayo, acostarla.
4. Si suda frío, mantenerla abrigada.
5. Si vomita y no puede incorporarse, voltearle la cabeza para que no se ahogue.
6. Darle un poco de agua (sólo si la desea).
7. Pedirle que tosa si no lo ha hecho espontáneamente.
8. Revisar su pulso cada cinco minutos, comprobar que respira.
9. No dejarla sola hasta que sea correctamente atendida.

Figura 8. Ejemplo de uno de los procedimientos generales en caso de accidentes.

permanente de la tabla en el laboratorio facilita su consulta por cualquier persona en caso de emergencia.

IV. Y luego ¿que?...

Todos los aspectos relacionados con la seguridad en los laboratorios de química no sirven si el maestro no es un modelo a seguir. Aquí como en otras actividades educativas se predica con el ejemplo. Por ello antes de implantar todas las disposiciones que hemos discutido, se llevó a cabo un curso-taller en el que participaron todos los maestros de laboratorio del Colegio, desde preescolar hasta la preparatoria. Muchos de ellos, educadores, normalistas, biólogos y físicos aprendieron química, aprendiendo seguridad.

REFERENCIAS

ACS Less is better. Laboratory chemical management for waste reduction, American Chemical Society, Washington, 1985.

Catalá R.M. y Chamizo J.A. X Congreso Nacional de Educación Química, Monterrey 1990.

Catalá R.M., *Nosotros ahora*, 1992, 27, 10.

Chemistry, "Safety in the High School" special number 1988.

Chewprecha T., *Chemical Education for Primary and Lower Secondary Pupils*, Twelfth International Conference on Chemical Education, Bangkok 1992.

Flinn *Chemical catalog reference manual*, Batavia, 1991.

Lefevre, M.J., *First Aid Manual for Chemical Accidents*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.

Wood C.G. *Safety in School Science Labs*, J. Weston Walch Publisher, Portland, 1991.

Figura 9. Tabla para tratamiento de accidentes químicos.

REACTIVO	CÓDIGO DE DESECHO	CÓDIGO DE ACCIDENTE
Anilina	B	7
Antimonio	O	11
Fenoltaleína	B	7
Óxido mercúrico	P	9

Figura 10. Clasificación de algunos reactivos químicos presentes en la gaveta I (productos tóxicos, etiqueta azul).