

Nuevos pictogramas de productos químicos peligrosos

Fernando Ignacio de Prada-Pérez de Azpeitia

Resumen: Un producto químico peligroso es toda sustancia o mezcla que, por sus características, puede dañar directa o indirectamente a personas, materiales o al medio ambiente. De acuerdo con la nueva normativa de la Unión Europea, la legislación española ha establecido una nueva serie de pictogramas e indicaciones de peligro que deben llevar los envases que contengan sustancias peligrosas. Todos los estudiantes de química de cualquier nivel deberían conocer el significado de los nuevos pictogramas y de las precauciones que deben adoptarse al utilizar las sustancias que los llevan. La mejor forma de conseguir este objetivo es mediante una sesión de laboratorio en la que se muestran los nuevos pictogramas acompañados de sus definiciones, ejemplos y demostraciones.

Palabras clave: Sustancia peligrosa, pictogramas de peligro, clases de peligro, seguridad en el laboratorio.

Abstract: A hazardous chemical product is any substance or mixture which, due to its characteristics, can cause damage to people, materials or the environment, directly or indirectly. According to the new regulation of the European Union, Spanish legislation has established a series of verbal and pictographic warnings which must be posted on packages containing dangerous substances. All chemistry students of any level should know the meaning of the new pictograms and the precautions to be taken when using substances with these warnings. The best way to achieve this is through a laboratory session in which the new pictograms accompanied by their definitions, examples and demonstrations.

Keywords: Dangerous substance, hazard pictograms, hazard classes, lab security.

Introducción

“Todos los ciudadanos deben tener unos conocimientos científicos básicos, por la salud de todos y del medio ambiente”

En el año 1992, la Conferencia de las Naciones Unidas decidió crear la norma técnica GHS¹ (*Globally Harmonized System*) o SGA en castellano (Sistema Globalmente Armonizado). El objetivo era unificar los numerosos sistemas de etiquetado y clasificación de sustancias químicas a nivel mundial para clasificarlas por el peligro que suponen mediante etiquetas y pictogramas de peligro normalizados. De esta forma se pretendía que en todo el mundo se utilizasen los mismos símbolos y criterios, para terminar con la situación que considera la peligrosidad de una misma sustancia de manera diferente en distintos países; por ejemplo, una sustancia podía ser considerada como irritante en Europa y no serlo en Japón o en cualquier otro país extracomunitario.

El GHS fue terminado y publicado diez años después y la Unión Europea lo incorporó al nuevo Reglamento CE nº 1272/2008 (Reglamento CLP) del Parlamento Europeo y

del Consejo del 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento CE nº 1907/2006.²

Como resultado de esto, desde el 1 de diciembre de 2010 (y desde el 1 de junio de 2015 para las mezclas o preparados), las empresas deben clasificar, etiquetar y envasar todos sus productos químicos puros puestos en el mercado con el nuevo sistema de pictogramas, de manera que se utilicen los mismos símbolos en todo el mundo adoptando la norma GHS de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos. Para los productos que están en el mercado desde el 1 de diciembre de 2010, este nuevo formato coexistirá con el anterior hasta el 1 de diciembre de 2012 para las sustancias y hasta el 1 de junio de 2017 para los preparados, entendiéndose por tales a las mezclas compuestas por dos o más sustancias químicas. El objetivo de este nuevo reglamento es mejorar la comunicación de la información relativa a los peligros que representan las sustancias para los trabajadores y consumidores, a través de una clasificación y etiquetado unificado, mundial y armonizado. De esta forma se garantiza un elevado nivel de protección para la salud humana y del medio ambiente.

Para trasponer la directiva europea (Reglamento CLP) a la legislación española el Consejo de Ministros aprobó el Real Decreto 717/2010, de 28 de mayo y el Real Decreto 1436/2010, de 5 de noviembre,³ por los que se modifican diversos reales decretos anteriores sobre clasificación, envasado y etiquetado de productos peligrosos, para su adaptación a la nueva normativa europea.

La ampliación y renovación de los pictogramas sobre sustancias y mezclas peligrosas relegan del etiquetado el tradicional cuadrado de fondo naranja con borde negro y lo sustituye por un rombo con el fondo blanco y el borde rojo lo suficientemente ancho para ser claramente visible. La naturaleza del peligro que representan se divide en tres clases: **Peligro para la salud, peligro físico y peligro para el medio ambiente.**



F. I. Prada-Pérez de Azpeitia

Dpto. Física y Química. IES Las Lagunas.
Gabriel García Márquez, 1. Rivas. Madrid.
C-e: fernando.pradaperez@educa.madrid.org

Recibido: 06/02/2012. Aceptado: 28/04/2012.

Además de revisar los textos, se sustituyen las antiguas frases de riesgo-R (*Risk*) y frases de seguridad-S (*Security*) por las nuevas *Indicaciones de Peligro H (Hazard)*, y *Consejos de Prudencia P (Prudence)*,⁴ respectivamente. Desaparece la indicación que acompañaba al pictograma (E, O, F, T, Xn, Xi, C), ahora se incluye una palabra de advertencia que indica el nivel relativo de gravedad de los peligros para alertar al lector de la existencia de un peligro potencial: “*Peligro*” (*Danger*) para las categorías más graves y “*Atención*” (*Warning*) para las menos graves. De esta manera, se indica a primera vista el nivel de peligro de la sustancia o mezcla etiquetada.

Los nueve nuevos pictogramas no representan exactamente ni a los mismos peligros que los antiguos ni a los mismos productos. A causa de los cambios y las duplicidades que van a verse en los próximos años es importante conocer todas las señales de peligro, tanto nuevas como antiguas (Figura 1), además de sus significados concretos. Información que no se recogerá en los libros de texto hasta que salgan nueva ediciones.

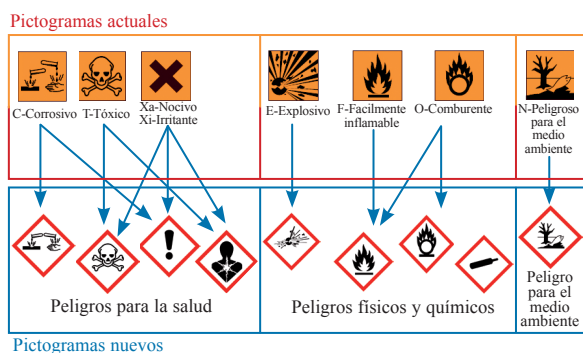


Figura 1. Cuadro de categorías de peligro que relaciona los pictogramas nuevos con los derogados.⁵

Pictogramas de peligro en el laboratorio

La nueva normativa relativa a sustancias químicas peligrosas no solo debe ser conocida por los fabricantes y trabajadores del sector químico, sino que tanto profesores como estudiantes de química de cualquier nivel, desde la enseñanza secundaria obligatoria hasta la universitaria, deberían conocer los nuevos pictogramas asociados a los productos químicos peligrosos, y los efectos sobre la salud y el medio ambiente. La mejor forma de conseguirlo es mediante una sesión de laboratorio en la que se muestren los nuevos pictogramas indicando sus definiciones, propiedades, curiosidades, ejemplos cotidianos y, si es posible, realizando demostraciones experimentales en la que los estudiantes participen activamente para comprobar las características de algunas sustancias químicas, teniendo siempre en cuenta que hacer las cosas con seguridad es la mejor y única forma de trabajar. Esta práctica tendría que ser obligatoria como introducción al trabajo en el laboratorio, junto a las normas de seguridad e higiene, ya que la manipulación de productos químicos exige un conocimiento previo de sus características y, consecuentemente, la adopción de las debidas precauciones.⁶ Una herramienta imprescindible en todo laboratorio es un póster con normas de seguridad que incluya la explicación de los nuevos pictogramas.

Los pictogramas de peligro los podemos encontrar en muchos de los productos habituales en los hogares, no solo en el laboratorio. Según los últimos informes del programa EHLASS⁷ (*European Home and Leisure Accidents Surveillance System*, es español Sistema Europeo de Información sobre Accidentes Domésticos), puesto en marcha en 1975 por la Dirección General de Salud y Protección al Consumidor de la Comisión de la Unión Europea, el interior de hogar es donde se producen mayor número de siniestros, estando causados en su mayoría por la utilización de productos agresivos de limpieza (detergentes, lejías y desinfectantes) e inflamables de droguería (pinturas, lacas y esmaltes).

La inhalación de algunos de estos productos, aún en pequeñas cantidades, afecta a los sistemas respiratorio, nervioso, inmunitario o digestivo. Debido a que no son eliminadas por el organismo, se van acumulando, pudiendo causar problemas de salud y originar graves enfermedades. Por esta razón, en el caso de que se produjese alguna situación de emergencia, como una ingestión accidental, es necesario contactar inmediatamente con el Instituto Nacional de Toxicología (Tel. 915620420) y acudir al servicio de urgencias con la etiqueta y el producto. Con el fin de evitar estas situaciones de riesgo, es absolutamente necesario que todos los ciudadanos y consumidores conozcan los significados de los nuevos pictogramas, sus características y las precauciones que deben adoptarse (Figura 2).

Antes de introducir cada pictograma, es conveniente definir un par de conceptos previos. El primero, **sustancia química peligrosa**: elementos químicos y compuestos que por sus características pueden dañar directa o indirectamente a personas, materiales o al medio ambiente.⁸ De acuerdo con la nueva normativa de la Unión Europea, la legislación española ha establecido una serie de pictogramas e indicaciones de peligro que deben llevar los envases que contengan sustancias peligrosas. El segundo concepto, **pictograma de peligro**: composición gráfica que contiene símbolos y figuras más otros elementos gráficos como un contorno, un motivo o un color de fondo, que transmiten una información específica acerca del tipo de peligro que advierten.⁹ Presentan la ventaja de ser más eficaces para llamar la atención del usuario que las instrucciones escritas y transmitir la información independientemente de su idioma.

A continuación, se resumen las clases de peligro junto a sus pictogramas y códigos, símbolos que pueden descargarse de la página web de la UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*).¹⁰



Figura 2. Divulgación de los pictogramas en una feria de ciencia.

Peligros físicos (GHS02)



Sustancias inflamables que pueden arder fácilmente, incluso por debajo de 0 °C, al contacto con una fuente de ignición (llama, chispa, electricidad estática, etc.), por calor o fricción, al contacto con el aire o agua, o si se liberan gases inflamables. Ejemplos: hidrógeno, etanol, metanol, butano, metano, sodio, acetona, dietil éter, fósforo, etc.

Los estudiantes pueden comprobar cómo artículos tan cotidianos como el “*typex*” o algunos pegamentos lo incluyen en su etiqueta. Son muchos los productos utilizados en los hogares que llevan esta indicación y por tanto deben utilizarse lejos del fuego. Si acercamos una llama a la salida de un aerosol de laca, podemos comprobar cómo se produce una gran llamarada (efecto lanzallamas), causada por hidrocarburos, como butano y propano, que contiene como agentes propulsores.

Incluso objetos tan aparentemente inofensivos como las pelotas de ping-pong, son inflamables porque se siguen fabricando con celuloide, nombre comercial del plástico obtenido a partir de dinitrato de celulosa y alcanfor. Es un material flexible y resistente, pero extremadamente inflamable. Esta propiedad se puede comprobar con seguridad sujetando una pelota de ping-pong, con guantes aislantes y una larga pinza metálica, encima de una cápsula de porcelana. Al calentarla a la llama de un mechero, en pocos segundos, se produce una rápida combustión, acompañada de una gran llama, sin dejar apenas residuos (Figura 3).

Una demostración a realizar por el profesor con una sustancia muy inflamable, el dietil éter, permite comprobar su baja densidad, 0,7 g/mL a 30 °C, elevada volatilidad y alta densidad del vapor, 2,6 veces mayor que la del aire. Para ello se humedece un pequeño algodón en un poco de éter, cerrando rápidamente el frasco de reactivo para evitar fugas, y se sitúa en el extremo superior de un tubo de cristal de aproximadamente 1 m de longitud, colocado con cierta inclinación sobre la superficie de una mesa. A continuación, con un guante de seguridad, se acerca la llama de un mechero al extremo inferior del tubo.¹¹ Debido a la alta densidad de los vapores de éter, estos descienden por el tubo y en contacto con el fuego se produce una llama azulada que asciende rápidamente a lo largo de todo el tubo hasta el extremo superior, extinguiéndose rápidamente al consumirse el oxígeno del interior del tubo, según la reacción:

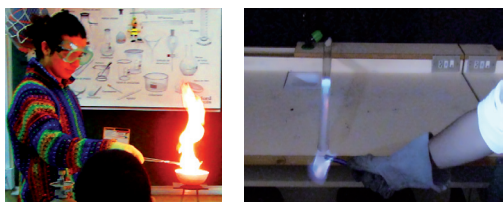
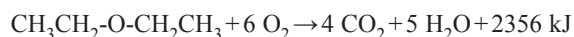


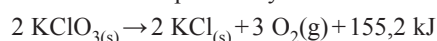
Figura 3. Combustiones controladas de pelota de ping-pong (izqda.) y de dietil éter (dcha.).

Peligros físicos (GHS03)

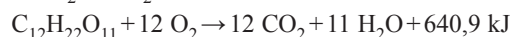


Sustancias comburentes que en contacto con otras sustancias, como las inflamables, producen una reacción fuertemente exotérmica (desprenden mucho calor), por lo que pueden provocar o agravar un incendio o una explosión. Ejemplos: oxígeno, nitrato de potasio, clorato de potasio, permanganato de potasio, peróxido de hidrógeno, etc.

El clorato de potasio es un producto muy utilizado en el laboratorio que se descompone con el calor liberando todo el oxígeno que contiene. Al añadir una pizca en un tubo de ensayo, y calentar con un mechero Bunsen, se produce la reacción de descomposición y formación de oxígeno:



Si a continuación añadimos al interior del tubo un poco de carbón vegetal, golosina de azúcar (o papel de celulosa), se produce una enérgica y luminosa combustión causada por la alta concentración de oxígeno, según las reacciones: (Figura 4).



Este efecto se produce porque la concentración de los reactivos es uno de los factores que influye en la velocidad de reacción. Al aumentar la concentración de oxígeno, la combustión se produce vigorosamente, pero si disminuye se dificulta la combustión, fundamento de algunos agentes extintores de fuego.¹²

Un peróxido muy común en el laboratorio y en los botiquines es el agua oxigenada, reactivo que se descompone lentamente en oxígeno y agua. Esta reacción se puede comprobar al añadirla a una herida o a un pequeño trozo de carne. La presencia en la sangre de un biocatalizador (enzima llamada catalasa), aumenta la velocidad de descomposición, observándose un burbujeo causado por el oxígeno, que actúa como desinfectante en heridas.¹³ Un efecto mayor se consigue utilizando agua oxigenada concentrada (33% p/v) y un catalizador como dióxido de manganeso. En este caso, al cabo de unos segundos, el líquido entra en ebullición y se desprende un gran burbujeo de oxígeno, como se puede comprobar por la llama que se origina al acercar la punta de una astilla incandescente.

Tanto los combustibles como los comburentes, son dos de las sustancias necesarias para que se produzca y mantenga el fuego (tetraedro del fuego).¹⁴



Figura 4. Efecto comburente del clorato de potasio con azúcar.

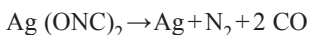
Peligros físicos (GHS01)



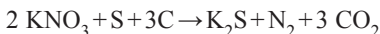
Sustancias explosivas que pueden liberar violenta e instantáneamente una gran cantidad de energía al contacto con una llama, calor, chispa, choques, fricción, etc. Ejemplos: dicromato de amonio, dinamita, (TNT), fulminato de plata, etc. Los aerosoles que contienen lacas y desodorantes, son explosivos por encima de 50 °C.

Las sustancias explosivas se clasifican en explosivos primarios (fulminatos) cuando basta con una chispa, fricción, llama o calentamiento para que aparezca la onda detonante, y explosivos secundarios (nitroglicerina, trinitrotolueno, nitrato de amonio y nitrocelulosa) cuando es necesario hacer pasar una onda de choque, y al calentarlos se descomponen sin llegar a detonar. El fulminato de plata es un explosivo sensible a los golpes y al calor, utilizado como detonador (cebo) para hacer estallar un explosivo de mayor potencia o para comunicar energía a la carga de pólvora contenida en la vaina de los proyectiles.

Se pueden conseguir fácilmente pequeñas cantidades de fulminato en productos catalogados como artículos de broma. En concreto, las cerillas explosivas llevan una pequeña cantidad de fulminato en su cabeza, que después de encenderlas originan una pequeña detonación. Al acercar una llama, libera toda la energía contenida en sus enlaces ($\text{C}\equiv\text{N}^+-\text{O}^-$) en forma de pequeña, pero sorprendente, detonación,¹⁵ según la reacción:



Las sustancias como la pólvora o la nitrocelulosa se consideran explosivos de bajo orden, arden con facilidad y se utilizan para propulsión (no detonan), fuegos artificiales y fragmentación de rocas en minería. La pólvora se inflama a unos 300 °C, ardiendo rápidamente y liberando 1360 julios por cada gramo de mezcla,¹⁶ de acuerdo a la reacción:



El efecto trueno de los petardos está causado por la ignición de la mezcla pirotécnica (C, KNO_3 y S) a presión. Si abrimos uno de ellos, encontramos la mezcla de pólvora comprimida entre dos bloques de yeso, a través de uno de los cuales se conecta con la mecha. En estas condiciones, pólvora sin comprimir, al sujetar el petardo abierto con guantes, gafas y pinzas metálicas, y encender la mecha, se comprueba que no se produce la explosión del artículo pirotécnico, sino una pequeña y poco ruidosa llamarada (Figura 5).



Figura 5. Sección interna de petardo (izqda.) y experiencia con petardo abierto en laboratorio (dcha.).

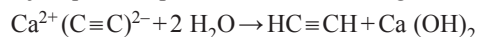
Peligros físicos (GHS04)



Sustancias gaseosas comprimidas, licuadas o disueltas, contenidas a presión de 200 kPa o superior, en un recipiente que pueden explotar con el calor. Los licuados refrigerados pueden producir quemaduras o heridas criogénicas (debidas al frío), al estar a muy baja temperatura. Por ejemplo, botellas que contienen: butano, oxígeno, hidrógeno, acetileno disuelto en acetona, nitrógeno líquido o hielo seco (CO_2 sólido), etc. En la normativa anterior no existía un símbolo para este tipo de sustancias, tan solo una frase de peligro.

Las botellas que contienen gas acetileno incorporan este pictograma. El acetileno o etino es un compuesto molecular, el primer compuesto de la serie de los alquinos y el único importante desde el punto de vista industrial. La luminosa llama de oxígeno y acetileno alcanza la temperatura más elevada de todos los combustibles, más de 3100 °C, por esta característica el soplete de oxiacetileno se usa para cortar o soldar vigas de acero y para *reventar* cajas de seguridad. Cuando se calienta o comprime, puede originarse una rápida oxidación, en la que se forman compuestos gaseosos que ocupan un volumen mayor al inicial, y como consecuencia generan una explosión.

En el laboratorio se puede obtener con seguridad acetileno a partir de una pequeña piedra de carburo de calcio de las utilizadas por los espeleólogos en sus lámparas para iluminarse en el interior de las cuevas. Para ello se añade agua a un matraz Erlenmeyer de 50 mL y se ajusta a la boca del matraz un pequeño globo que contiene la piedra de carburo de calcio en su interior. Al dejar caer la piedra de carburo dentro del agua, se produce un burbujeo que acompaña a la formación del gas acetileno:



Una vez que ha cesado el desprendimiento de gas, se estrangula el globo y se le hace un nudo. Para comprobar que puede llegar a explotar por efecto del calor, se sujeta el globo mediante unas largas pinzas metálicas, utilizando guantes y gafas de seguridad, y se aproxima a la llama de un mechero Bunsen. En pocos segundos tiene lugar la pequeña explosión, formándose partículas de hollín que flotan en el aire como residuo¹⁷ (Figura 6), según la reacción:

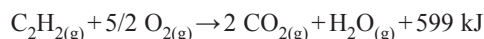


Figura 6. Obtención del acetileno en globo (izqda.) y posterior explosión del gas a presión contenido en el interior del globo (dcha.).

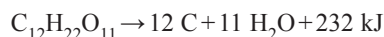
Peligros para la salud (GHS05)



Sustancias corrosivas que pueden atacar o destruir metales y causar daños irreversibles a la piel, ojos u otros tejidos vivos, en caso de contacto o proyección. Ejemplos: ácido sulfúrico $\geq 15\%$, hidróxido de sodio $\geq 2\%$, ácido clorhídrico $\geq 25\%$, amoníaco $\geq 20\%$, ácido nítrico $\geq 5\%$, etc.

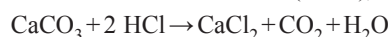
Muchos productos utilizados para limpiar desagües y desatascar tuberías contienen hidróxido de sodio (sosa cáustica). Gracias a su poder corrosivo, descomponen los residuos orgánicos que forman el atasco, sin afectar a las tuberías, dejando correr nuevamente el agua. Hay que tener precaución con su uso, ya que provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares (H314) al igual que el ácido sulfúrico concentrado.¹⁸

Una espectacular y sencilla demostración es la deshidratación del azúcar (sacarosa) con ácido sulfúrico. En un lugar ventilado o en campana de seguridad, se añade el contenido de un sobre de azúcar en un vaso de precipitados de 50 mL, humedeciéndola con un poco de agua, y se añade el ácido concentrado. El ácido sulfúrico extrae el agua del hidrato de carbono en una reacción fuertemente exotérmica, desprendiéndose calor, vapor de agua y óxidos de carbono y azufre. El azúcar blanco se carboniza formando una masa negra y esponjosa que asciende sobre el recipiente.¹⁹ (Figura 7) La reacción es:



Semejante efecto se produce también al dejar caer unas gotas de este ácido sobre una hoja de papel. Al cabo de unos minutos, se origina la corrosión y carbonización de la celulosa apareciendo manchas negras y perforaciones.

Otro ácido de uso frecuente en los laboratorios es el ácido clorhídrico concentrado (35-37%), también presente en los hogares, a más baja concentración, formado parte de productos (*Salfumán o Agua fuerte*) utilizados para limpiar y desincrustar residuos de carbonato de calcio (caliza), según la reacción:



Esta reacción es utilizada en geología para identificar carbonatos, por la efervescencia causada por el dióxido de carbono. Este ácido, además del código H314, dado su fuerte carácter fumante (emite vapores visibles), incorpora el código H335 (Irrita las vías respiratorias).



Figura 7. Deshidratación del azúcar por efecto del ácido sulfúrico.

Peligros para la salud (GHS07)



Sustancias nocivas que en contacto con la piel o por inhalación, producen efectos perjudiciales para la salud en dosis altas, como irritación cutánea, ocular o de las vías respiratorias. Esta indicación sustituye a la antigua cruz de San Andrés. Algunos ejemplos son: amoníaco, lejía (disolución acuosa de hipoclorito de sodio), yodo, acetona, etilenglicol, ácido cítrico, azufre, etc.

Productos de limpieza frecuentes en los hogares y desinfectantes del agua de las piscinas, pueden contener algunas de estas sustancias químicas potencialmente peligrosas. El amoníaco concentrado (30%), además de corrosivo, provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves (H314) y es muy tóxico para los organismos acuáticos (H400). Tanto el amoníaco como la lejía, se detectan fácilmente por su olor desagradable, a diferencia de otros productos, que aunque no huelan ni produzcan irritación, pueden ser más peligrosos porque no los percibimos ni tomamos medidas preventivas.

Son frecuentes las intoxicaciones por inhalación de los vapores liberados por la mezcla con otros productos de limpieza, tales como amoníaco o productos ácidos, como vinagre o sulfamán. La mezcla de lejía con sustancias ácidas, debido a una reducción del pH de la solución, libera cloro gaseoso, que en contacto con el agua contenida en los tejidos forma ácido clorhídrico y ácido hipocloroso. Por otro lado, la mezcla de lejía con amoníaco produce gases de monocloraminas (NH_2Cl) y dicloroamina (NHCl_2) que, en contacto con las membranas mucosas originan ácido hipocloroso y oxígeno “naciente”, responsables de las lesiones oculares que se acompañan de síntomas como tos, náuseas, vómitos, disnea e insuficiencia respiratoria.²⁰

Un producto utilizado como desinfectante durante generaciones, ha sido la tintura de yodo, que contiene yodo disuelto en etanol en baja concentración (2-5%). Sin embargo, el yodo puro es un halógeno sólido a temperatura ambiente, nocivo en contacto con la piel (H312) y muy tóxico para organismos acuáticos (H400), que sublima formando vapores de color violeta nocivos en caso de inhalación (H332).

Los productos anticongelantes de vehículos que contienen etilenglicol (1,2-etanodiol) incluyen, además de este pictograma, la palabra de advertencia “Atención” y la frase H303 que indica el peligro en caso de ingestión. El etilenglicol es un líquido transparente, incoloro e inodoro. Quienes la ingieren accidentalmente, la absorben rápidamente por el tracto digestivo, transformándose en ácido oxálico que puede causar daños renales y hepáticos e incluso ser letal.

Sustancias aparentemente inocuas utilizadas en la industria alimentaria, como el ácido cítrico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), incorporan este pictograma porque puede provocar irritación ocular grave (H311). De forma semejante, el azufre lo debe llevar en su etiqueta porque puede provocar irritación cutánea (H315).

Peligros para la salud (GHS08)



Sustancias que pueden; originar efectos cancerígenos y/o mutágenos (modifican el ADN de las células) y dañar a la persona expuesta o a su descendencia; ser tóxicos para la reproducción y causar efectos nefastos en las funciones sexuales, perjudicar la fertilidad, provocar la muerte del feto o producir malformaciones; modificar el funcionamiento de determinados órganos; entrañar graves efectos sobre los pulmones; provocar síntomas de alergia, asma o dificultad respiratoria en caso de inhalación. Algunos ejemplos son: metanol, ácido bórico, queroseno, benceno, dicromato de potasio, etc.

El metanol, alcohol metílico o alcohol de madera, es un disolvente industrial y se emplea como combustible (H225-Vapores muy inflamables), anticongelante, disolventes de tintas, limpiadores, adhesivos, etc. Es también el responsable de la intoxicación y muerte de muchas personas en todas partes del mundo por su presencia en bebidas alcohólicas adulteradas ilegales (Tóxico en caso de ingestión H301, contacto con la piel H311, y por inhalación H331). Cuando se ingiere es catalizado por una enzima (ADH) oxidándolo a formaldehído y ácido fórmico, que afecta a la retina y puede causar ceguera (toxicidad organoespecífica).

La etiqueta del ácido bórico (H_3BO_3) incluye además la palabra de advertencia "Peligro" acompañada del código H360 (Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto). Es un compuesto que se presenta como cristales incoloros o en polvo blanco, inodoro y soluble en agua. Utilizado como antiséptico y conocido por haberse utilizado en la conservación de alimentos, como el marisco, en la actualidad este uso es ilegal.

El queroseno es un líquido insoluble en agua, transparente y ligeramente amarillento procedente de la destilación del petróleo. Se utiliza como combustible de mecheros y de calefacción doméstica. Esta sustancia puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias (H304), puede provocar daños en órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas (H373) y se sospecha que puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto (H361). Debido a que emite vapores extremadamente inflamables, la etiqueta debe incorporar el código H224 junto al pictograma de inflamable.

El dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) es un sólido cristalino naranja-rojizo utilizado como reactivo analítico, en la producción de productos pirotécnicos, cerillas de seguridad, colorantes, etc. Debido a la variedad de peligros que presenta, su etiqueta debe incluir cinco pictogramas (GHS08, GHS03, GHS05, GHS06 y GHS09) al igual que el dicromato de amonio ($(NH_4)_2Cr_2O_7$, reactivo conocido por la clásica demostración de su descomposición espontánea a altas temperaturas (efecto volcán) originando óxido de cromo (III), nitrógeno y agua, razón por la que debe realizarse siguiendo adecuadas normas de seguridad.

Peligros para la salud (GHS06)



Sustancias tóxicas que por inhalación, ingestión o en contacto con la piel (absorción cutánea), aún en pequeñas dosis, pueden producir daños muy graves para la salud e incluso causar la muerte. Algunos ejemplos de este tipo son: óxido de arsénico (III), nicotina, fósforo blanco, mercurio, etc.

En la práctica, cualquier sustancia química puede ser tóxica si nos exponemos en la forma y dosis suficiente, ya que el grado de intoxicación depende de la cantidad de sustancia tóxica presente en el organismo. Como Paracelso indicó en el siglo XVI "Todas las sustancias son tóxicas y ninguna sustancia es tóxica. La dosis determina la toxicidad". Por ello, no debe sorprender que una sustancia como el cloruro de potasio, tan esencial para los seres vivos y que se encuentra en las tiendas de productos dietéticos al alcance de todos como sustituto de la sal común, pueda ser letal si se inyecta al organismo. Cuando hay demasiado potasio fuera de las células nerviosas, al que hay dentro le resulta imposible salir (se interrumpe la bomba sodio-potasio) impidiendo el impulso nervioso que debería transmitirse y produciendo un paro cardíaco.²² La inyección letal de cloruro de potasio se utiliza en medicina para provocar la eutanasia de animales y en algunos Estados para ejecutar la pena capital. Esta sustancia química mata, pero, a diferencia de la silla eléctrica o la cámara de gas de ácido cianhídrico, no daña los órganos, pudiendo ser donados y trasplantados.

A lo largo de la historia, muchas sustancias tóxicas se han empleado para envenenar. Sin duda, la más utilizada desde la antigüedad (Agridina, madre de Nerón, lo mando utilizar en el s. I a.C para envenenar a Claudio) ha sido el arsénico, en forma de As_2O_3 , por ser una sustancia inodora e insípida, lo que propicia que pueda ser mezclada fácilmente con alimentos y bebidas sin levantar sospechas. Al ser absorbida por vía digestiva, afecta a diferentes órganos sin aparente relación por lo que es difícil su detección. El envenenamiento puede producirse por una única dosis alta (120 mg) o también por acumulación progresiva de pequeñas pero continuadas dosis. Al penetrar en las células, se combina con enzimas que contienen azufre, provocando alteraciones en el metabolismo celular.

La nicotina ($C_{10}H_{14}N_2$), es un alcaloide procedente de la planta del tabaco (*Nicotiana tabacum*), utilizado como insecticida y que en bajas dosis relaja emocionalmente, reduciendo la ansiedad y el estrés. Su principal efecto es aumentar la secreción del neurotransmisor conocido como dopamina, 4-(2-aminoetil) benceno-1,2-diol, que se encuentra muy relacionada con los mecanismos de recompensa en el cerebro.²¹ Sus relajantes efectos se obtienen al inhalar el humo del tabaco. Una vez que pasa a la sangre a través de los pulmones, se distribuye rápidamente por todo el organismo hasta llegar al cerebro. Por ley, las cajetillas de tabaco deben incluir mensajes de peligro, como: "Fumar provoca cáncer de pulmón".

Peligro para el medio ambiente (GHS09)



Sustancias que provocan efectos nefastos para los organismos del medio acuático (peces, crustáceos, algas, plantas acuáticas, etc.) o perjudican la capa de ozono. Ejemplos: mercurio, dicromato de amonio, sulfato de cobre (II), yodo, ácido cianhídrico, benceno, ciclohexano, éter de petróleo, etc.

El mercurio, debido a su alta densidad y elevado coeficiente de dilatación térmica, se ha utilizado hasta hace poco para fabricar barómetros y termómetros. La fuente más importante de contaminación con mercurio son las emisiones al aire, pero también se producen emisiones que van directamente al agua y a la tierra. Una vez depositado, el mercurio puede transformarse por metabolismo microbiano en metilmercurio, que tiene la capacidad de acumularse en organismos y concentrarse en las cadenas alimentarias. Se encuentra especialmente en las grandes especies acuáticas, situadas en lo alto de la cadena trófica, que acumulan en sus tejidos grasos el metilmercurio²³ que absorben de sus presas (H410-Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos). El mercurio puede ser ingerido posteriormente por las personas y provocar alteraciones graves en el desarrollo neuronal del feto y de los niños (H360-Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto). Como consecuencia, la AESAN (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición) recomienda que embarazadas y menores de 3 años no consuman nada de pez espada, tiburón o atún rojo (las especies que acumulan mayor cantidad de este metal), y que los niños de 3 a 12 años, no superen los 50 g a la semana.²⁴ Tanto el mercurio como sus compuestos (óxidos y sales), deben adjuntar el pictograma GHS09, junto a las indicaciones de peligro GHS06 y GHS08, porque es un peligroso metal que emite vapores venenosos acumulativos (H330-Mortal en caso de inhalación).

Otra sustancia también muy tóxica para el medio ambiente con efectos nocivos duraderos (H410) y muy peligrosa para la salud, es el ácido cianhídrico (HCN). Muy conocido por su utilización en las cámaras de gas, su toxicidad se debe, entre otros efectos, a que el radical cianuro se une a un átomo de hierro de la enzima respiratoria, la citocromo oxidasa, impidiendo que el oxígeno de la respiración se una al hierro y realice la respiración celular. Las cápsulas de cianuro de sodio fueron utilizadas durante la II Guerra Mundial por Hitler y sus lugartenientes para ingerirlas en caso de caer prisioneros. El cianuro de sodio al contacto con el ácido clorhídrico del jugo gástrico se transforma en ácido cianhídrico, sustancia muy tóxica, dado que bastan 0,01 g para matar a una persona en 30 segundos.

Las mayores catástrofes ecológicas en el medio marino han sido originadas por vertidos de productos destilados del petróleo (*marea negra*) procedentes de petroleros accidentados, como el *Erika* en las costas de Bretaña (1999) y el *Prestige* en las de Galicia (2002).

Conclusiones

“Seguridad es felicidad”
(Proverbio Chino).

El estudiante bien informado en materia de seguridad sobre productos químicos peligrosos extremará sus precauciones y contribuirá a evitar situaciones de riesgo, tanto en el ámbito del laboratorio como en el doméstico. Para ello, se destaca la conveniencia de difundir la nueva normativa en todos los centros de enseñanza, así como en eventos divulgativos de carácter científico abierto a todos los ciudadanos.

Bibliografía

1. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) United Nations. New York and Geneva, **2011**.
2. Diario Oficial de la Unión Europea, 31 de diciembre de **2008**, Reglamento (CE) nº 1272/2008. L 353.
3. Boletín Oficial del Estado nº 271, 9 de noviembre de **2010**, Real Decreto 1436/2010.
4. http://www.spri.upv.es/D7_2_b.htm, visitada el 23/09/2012.
5. *Nuevos Pictogramas de Peligro*, Confederaciones de Consumidores y Usuarios HISPACOOOP y CECU, **2010**.
6. M. Álvarez, C. Gil, *Técnicas Básicas de Laboratorio de Química*. Ed. Akal, Madrid, **1993**, pp. 9–15.
7. Informe Anual EHLASS. Instituto Nacional de Consumo, **1999**.
8. V. López, *Técnicas de Laboratorio*, Edunsa, Barcelona, **1991**, pp. 183–186.
9. *Pictogramas. Conoce su significado*, HISPACOOOP y CECU, **2010**.
10. www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/pictograms, visitada el 23/09/2012.
11. L. Ford, *Chemical Magic*, Dover Publications, New York, **1993**, pp. 52–53.
12. F. Prada, *An. Quím.* **2009**, 105 (3), 213–220.
13. H. V. Roesky, K. Möckel, *Chemical Curiosities*, Ed. VCH. Germany, **1996**, pp. 82–85.
14. F. Prada, *An. Quím.* **2006**, 102 (2), 54–59.
15. R. Chang, *Química*. 6ª Edición, McGraw-Hill, México, **1999**, p. 820.
16. I. Martínez, *Termodinámica Básica y Aplicada*, Editorial Dossat **1992**, 358.
17. F. Prada, *An. Quím* **2004**, 100 (1), 44–49.
18. Panreac, *Catálogo General de Reactivos para Análisis*, **2011/2013**.
19. T. Lister, *Experimentos de Química Clásica*. Editorial Síntesis, Madrid, **2002**, pp. 209–211.
20. E. Mencías, L. Mayero, *Manual de Toxicología Básica*, Editorial Diaz de Santos, Madrid, **2000**, pp. 494–495.
21. P. Atkins, *Las Moléculas de Atkins*, Ed. Akal, Barcelona **2007**, pp. 194–196.
22. J. Emsley, *Moléculas en una Exposición*, Ediciones Península, Barcelona, **1998**, pp. 125–127.
23. T. Gray, *Los Elementos*, Larousse Editorial **2011**, pp. 184–185.
24. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Evaluación Mundial sobre el Mercurio*. PNUMA Productos Químicos, Ginebra, **2005**.