

JOSÉ LUIS GARCÍA LÓPEZ
*Licenciado en Ciencias Químicas.
Técnico de Prevención.
FREMAP, Mutua de Accidentes de
Trabajo (BARCELONA).*

Parámetros útiles para la caracterización del riesgo químico

SUMARIO

Indudablemente, el uso de productos químicos comporta riesgos. Con cierta frecuencia recibimos noticias sobre intoxicaciones, explosiones o contaminación del medio ambiente. Esto infunde desconfianza en las personas, las cuales suelen mantener una cierta actitud negativa con todo lo relacionado con la química y sus productos.

El principal problema reside en la falta de información existente sobre los riesgos inherentes a los productos químicos, contribuyendo, de esta forma, a fomentar su uso irresponsable.

Otro problema que acrecienta la falta de información es la gran cantidad de productos químicos comercializados que existe en el mundo. Se estima que hay en el mercado una cantidad superior a 120.000.

Sin embargo, no todos ellos son peligrosos. De hecho, sólo una pequeña proporción de los productos químicos son considerados peligrosos. La gran mayoría no comporta riesgos de consideración.

A priori es difícil distinguir entre un producto peligroso de otro que no lo es. Por esto, antes de iniciar cualquier proceso que implique el uso de productos químicos necesitamos conocer los riesgos que conllevan.

El objetivo del presente artículo es ayudar al usuario profesional de productos químicos a reconocer y caracterizar, de una forma general, los riesgos que plantean dichos materiales mediante la interpretación de ciertos parámetros físico-químicos y toxicológicos, útiles a tal efecto.

Palabras clave: Riesgos químicos, parámetros toxicológicos, parámetros físico-químicos.

NIVELES DE INFORMACIÓN

La primera pregunta que se nos plantea es: ¿cuáles son los recursos que disponen los usuarios de productos químicos para poder identificarlos?

Podemos diferenciar tres formas de obtención de información o lo que es lo mismo, tres niveles de información que permiten identificar los riesgos generados por los productos químicos:

Primer nivel

Los productos químicos son suministrados al consumidor en envases. En la etiqueta se suele hacer mención de los riesgos y las medidas de seguridad a adoptar.

La normativa vigente en nuestro país obliga al fabricante o distribuidor de sustancias y preparados químicos a etiquetar los envases, haciendo referencia a los riesgos que presentan



La falta de información sobre riesgo puede hacernos creer que todas las sustancias son iguales.

los productos contenidos en ellos. El grado de cumplimiento de esta normativa es elevado en el caso de sustancias y, cada vez más, en el de preparados.

El primer nivel nos ofrece una primera apreciación del riesgo del producto, orientándonos hacia una valoración inicial de las medidas preventivas a adoptar. Por ejemplo, si en una etiqueta se nos informa que el producto químico es inflamable, nuestra primera acción irá, normalmente, encaminada a la eliminación de fuentes de ignición cercanas.

Segundo nivel

Una práctica positiva que se está implantando con gran profusión, en parte por la reciente normativa que obliga a ello (art. 10 del Real Decreto 1.078/1993 sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos), es la entrega de la hoja de seguridad del producto al usuario profesional que la solicita. En ella se nos ofrece una información más completa que en la etiqueta.

La mayoría de estas hojas de seguridad, sobre todo si son de sustancias, aportan una información veraz y

Para poder conocer los riesgos de los productos químicos es preciso clasificarlos. La clasificación de riesgos que se contempla a nivel normativo viene recogida en el Real Decreto 2.216/1985 sobre declaración de sustancias nuevas y su clasificación, envasado y etiquetado.

útil, basada en la experimentación. Sin embargo, existen algunas en que la información suministrada es confusa o errónea, pudiéndonos crear una imagen falsa del riesgo.

Tercer nivel

En ocasiones, la información obtenida por las fuentes anteriormente citadas nos es insuficiente, debiendo realizar consultas más específicas, ya sea a través de bibliografía especializada o por experimentación propia.

También es posible, como hemos mencionado anteriormente, que consideremos que la información suministrada en la hoja de seguridad es inconcreta o de escasa fiabilidad. Por ejemplo, existen hojas de seguridad, sobre todo de preparados, que incluyen afirmaciones como:

«Preparado poco peligroso para la salud», «Ácido clorhídrico al 30% pH=3», «Producto no peligroso. Utilizar guantes para su manipulación. En caso de contacto, lavar con abundante agua y acudir a un médico», «Producto sin riesgos. No respirar vapores», etc.

Todas estas informaciones, en lugar de permitirnos vislumbrar mejor el

riesgo, nos producen mayor inquietud y dudas.

No obstante, a través de una serie de parámetros físico-químicos y toxicológicos, fácilmente obtenibles y fácilmente manipulables, puesto que son experimentales, nos podemos crear una visión general del riesgo que plantea una sustancia o, aunque con mayor indefinición, un preparado químico. De esta manera podremos contrastar las diversas informaciones que recibimos de diferentes fuentes y establecer nuestras propias conclusiones.

A continuación podemos observar una cantidad relativamente elevada de parámetros de sencilla interpretación que pueden contribuir, de mayor o menor grado, a identificar riesgos. Existen más parámetros, pero consideramos que son complicados de entender o que no aportan una información sustancial para la caracterización del riesgo.

El objetivo de este artículo no es aportar parámetros relativos a la reactividad o estabilidad de las sustancias. Éstos se obtienen a partir de estudios termodinámicos y cinéticos, tanto experimentales como teóricos, los cuales son de difícil interpretación.

También se impone la limitación en la valoración de la capacidad de cier-

La mayoría de las hojas de seguridad, sobre todo si son de sustancias, adoptan una información veraz y útil basada en la experimentación.

tos agentes químicos tóxicos para perturbar la salud, como son los productos químicos carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos. Su clasificación se realiza en base a estudios estadísticos o epidemiológicos, cuyos

resultados suelen obtenerse a largo plazo, no quedando registrados en parámetros que puedan ser valorados fácilmente por usuarios profesionales de productos químicos.

Pese a todas estas limitaciones, los parámetros que se presentan a continuación son válidos para la mayoría de las sustancias que se usan habitualmente en la industria.

CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

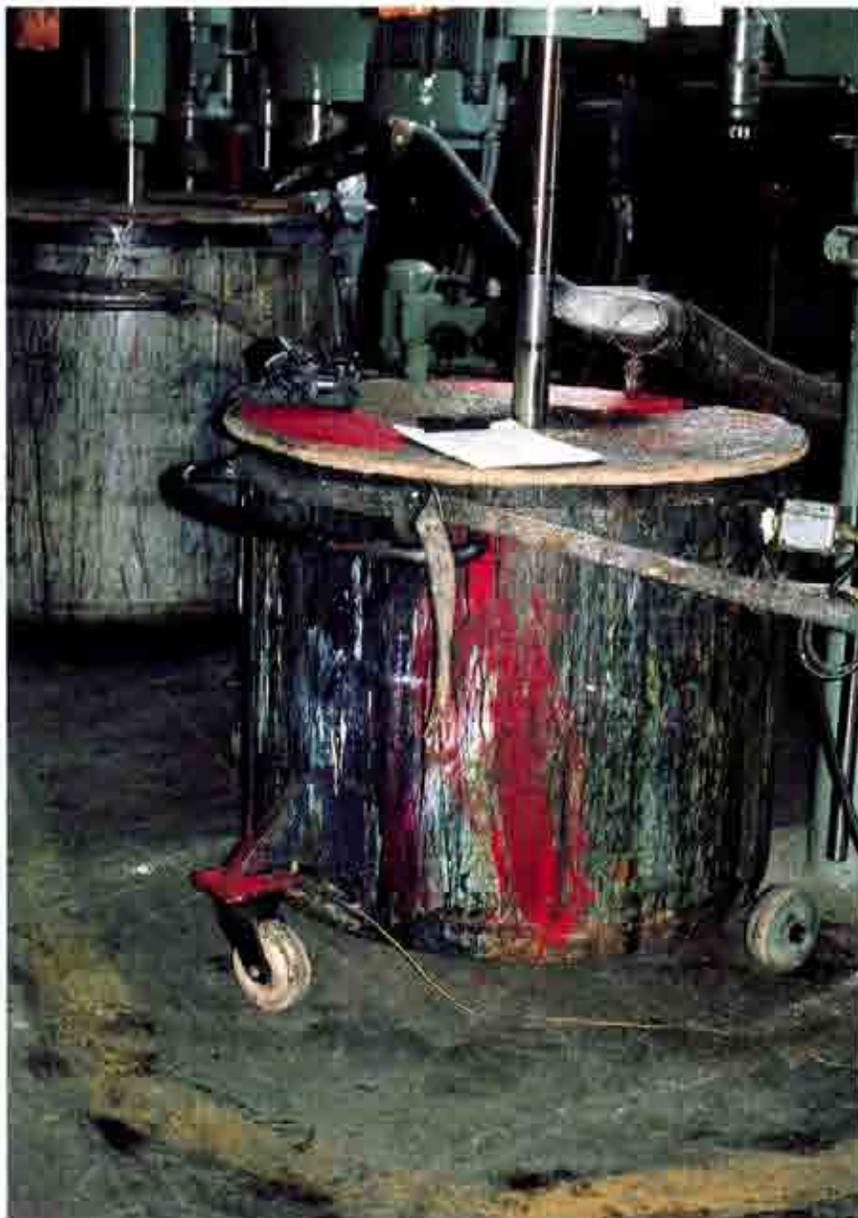
Para poder conocer los riesgos de los productos químicos es preciso clasificarlos. La clasificación de riesgos que se contempla a nivel normativo viene recogida en el Real Decreto 2.216/1985 sobre declaración de sustancias nuevas y su clasificación, envasado y etiquetado.

En ella se establecen los siguientes tipos de sustancias y preparados peligrosos:

- Explosivos.
- Comburentes.
- Extremadamente inflamables.
- Fácilmente inflamables.
- Inflamables.
- Muy tóxicos.
- Tóxicos.
- Nocivos.



Aparato de ensayo para la determinación de la temperatura de inflamación.



La resistividad de los líquidos inflamables es un parametro más a considerar en las operaciones de agitación y trasvase de líquidos inflamables.

- Corrosivos.
- Irritantes.
- Peligrosos para el medio ambiente
- Carcinogénicos.
- Tetarogénicos.
- Mutagénicos.

Aunque de una forma más simple, podemos distinguir cuatro grandes grupos de riesgo:

Productos con reacciones fuertemente exotérmicas dando como resultado incendios y explosiones

En este grupo incluimos, en primer lugar, los productos químicos inflama-

bles, al ser los de mayor consumo. También, los comburentes, a saber: aquellos que en contacto con un combustible o inflamable producen una reacción de combustión. Por último, se incluyen los explosivos, aunque son de uso muy limitado en la industria.

Todos ellos se caracterizan, principalmente, por la necesidad de vencer una energía de activación para iniciar la reacción de combustión, descomposición, etc. Esta energía de activación viene suministrada por una fuente de ignición, que puede ser una llama abierta, chispa, un choque o fricción, etc. La prevención se realizará, básicamente, evitando la presencia de fuentes de ignición y, en el caso

de comburentes, evitando, lógicamente, cualquier contacto con inflamables o explosivos.

Productos químicos que por interacción con el organismo perturban la salud

Se incluyen en este grupo las sustancias y preparados muy tóxicos, nocivos, carcinogénicos, teratogénicos (en breve serán incluidos en un grupo más amplio denominado tóxicos para la reproducción) y mutagénicos. Se caracterizan por su potencial de alteración de la salud a través de las vías de interacción con el organismo, a saber: por vías dérmica, digestiva o respiratoria.

Productos que por contacto con los tejidos vivos los alteran o destruyen

Como máximos representantes consideramos a los corrosivos, y en menor medida, a los irritantes. Ambos podrían perfectamente incluirse en el grupo anterior, pero a efectos preventivos no es práctico diferenciarlos de los tóxicos.

Productos que alteran el medio ambiente

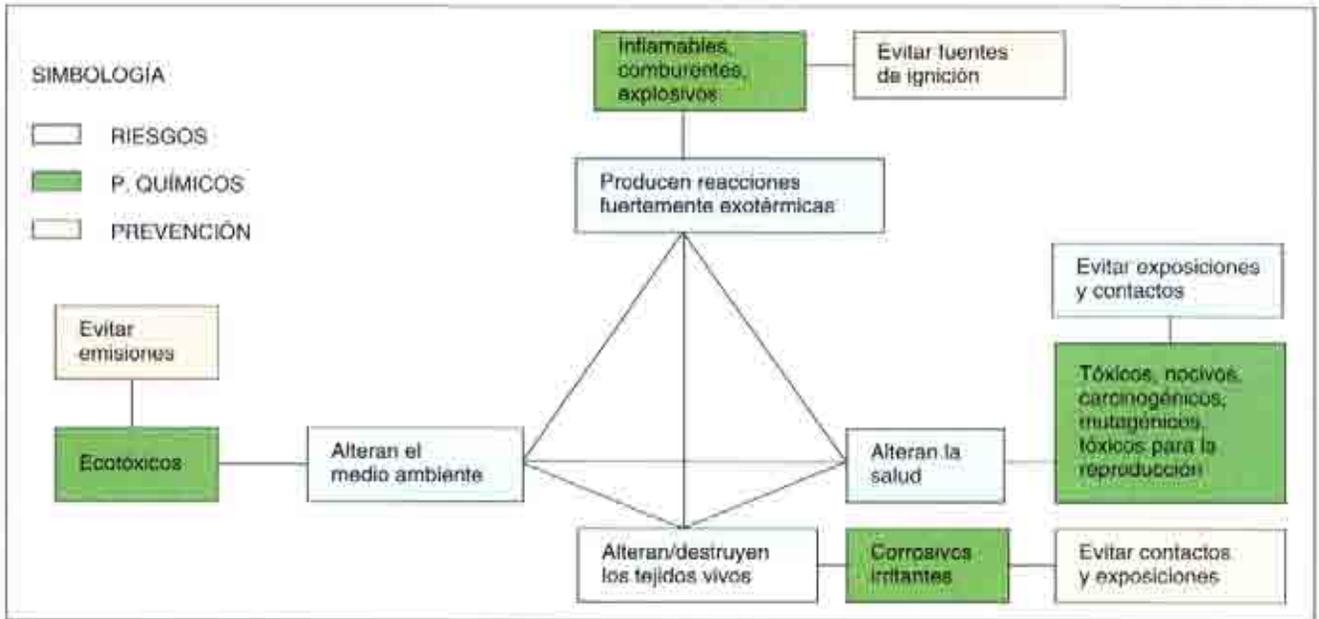
Se les suele conocer como sustancias o preparados peligrosos para el medio ambiente o ecotóxicos, definiéndose como productos cuya utilización presente puede representar riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente. En realidad pueden ser peligrosos para el medio ambiente cualquiera de los productos clasificados en los grupos anteriores; todo depende del modo y la cantidad de producto que interacciona con el medio ambiente.

Estos cuatro grupos de riesgo pueden ser representados gráficamente en forma de tetraedro (gráfico 1).

Este tetraedro pretende señalar, de una manera sencilla, el hecho de que un producto químico puede presentar más de un riesgo, sin ser excluyente uno de los otros. Así, por ejemplo, una sustancia o preparado corrosivo también puede ser tóxico, inflamable y/o ecotóxico. Es posible encontrar ejemplos de todas las combinaciones de riesgo que se muestran en el tetraedro:

- El benceno es tóxico e inflamable.

GRÁFICO 1



- El mercurio es tóxico, tanto para los humanos como para el medio ambiente.
- El ácido crómico es corrosivo y altera el medio ambiente.
- El sodio es corrosivo y puede in-

- flamarse en contacto con el agua.
- El ácido fluorhídrico es tóxico y corrosivo.
- Por último, el acrilonitrilo es un inflamable que puede perturbar el medio ambiente y la salud de las personas.

También en el tetraedro se muestran las medidas preventivas básicas para manipularlos con seguridad. Cuando nos enfrentamos a una sustancia o preparado con varios riesgos, debemos adoptar las medidas preventivas adecuadas a cada grupo.



PARÁMETROS ÚTILES PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO DE INFLAMABILIDAD DE LAS SUSTANCIAS

Temperatura de inflamación

La temperatura de inflamación es un parámetro muy importante para determinar si un líquido es inflamable a una temperatura determinada. La temperatura de inflamación (Ti) es igualmente conocida como punto de inflamación, punto de destello o *flash point*.

Se define como la temperatura mínima, a presión de una atmósfera, a la que una sustancia combustible, en contacto con el aire, desprende la cantidad suficiente de vapor para que se produzca la inflamación de la mezcla vapor-aire mediante el aporte a la misma de una energía de activación externa.

La temperatura de inflamación es un parámetro definido para líquidos. Para sólidos se puede determinar su Ti para su forma líquida, puesto que muchos de ellos se convierten en líquidos al calentarse y emiten vapores inflamables. Por ejemplo, el fenol es un sólido a temperatura ambiente habitual (20-25 °C); su temperatura de fusión es 36 °C, a partir de esta temperatura el fenol es un líquido, pudiéndose determinar su Ti, que es 79 °C.

Para gases, el concepto de temperatura de inflamación no es aplicable, puesto que la sustancia ya tiene la energía cinética suficiente para mezclarse con el aire y producir una mezcla inflamable: sólo es necesario que el gas alcance una concentración en el aire igual o superior a su límite inferior de inflamabilidad y el aporte de una energía de activación suficiente, mediante una fuente de ignición, para iniciar la reacción de combustión.

La temperatura de inflamación es el primer parámetro a consultar para saber si una sustancia es inflamable en condiciones de temperatura ambiente. Por ejemplo, las gasolinas tienen una Ti que oscila alrededor de -43 °C. Esto significa que, por muy extremas que sean las condiciones de temperatura ambiental, las gasolinas siempre podrán arder.

La Ti del acetato de etilo es -4,4 °C. Evidentemente, a temperatura ambiente normal esta sustancia es inflamable. Por el contrario, un día muy frío puede impedir la producción de vapor suficiente para la inflamación.

El gasóleo posee una Ti de +66 °C. A temperatura ambiente no es inflamable. Para ello debemos calentarlo

La normativa vigente en nuestro país obliga al fabricante o distribuidor de sustancias y preparados químicos a etiquetar los envases, haciendo referencia a los riesgos que presentan los productos contenidos en ellos. El grado de cumplimiento de esta normativa es elevado en el caso de sustancias, y cada vez más, en el de preparados.

previamente hasta igualar o superar esta temperatura.

Se ha de advertir que no por el hecho de que una sustancia tenga una Ti ligeramente superior a la ambiental (por ejemplo, 35-45 °C) estamos en condiciones de plena seguridad. Recipientes expuestos directamente a los rayos solares, almacenamiento cerca de hornos, calefactores u otras fuentes de emisión de calor pueden elevar considerablemente la temperatura del líquido, convirtiéndose en peligroso.

Como último ejemplo tenemos el aceite de oliva, el cual posee una Ti del orden de + 225 °C. Esto lo hace

apto para freír alimentos, aunque en ocasiones se calienta superando la Ti e inflamándose.

Temperatura de autoignición

También conocida como punto de autoencendido (Ta), se define como la temperatura mínima, a presión de una atmósfera a la que una sustancia, en contacto con el aire, arde espontáneamente sin necesidad de ningún aporte energético a la mezcla, ya que con esta temperatura se alcanza la energía de activación suficiente para que se inicie la reacción.

La mayoría de las sustancias inflamables poseen una Ta entre 200 °C y 700 °C, aunque algunas de ellas pueden tener Ta inferiores. Por ejemplo, el éter etílico posee una Ta de 160 °C; la trimetilamina, 190 °C, el éter butílico, 194 °C...

Este parámetro debe tenerse presente a la hora de realizar tratamientos térmicos intensos, por ejemplo, en hornos, mufas, etc.

Temperaturas de fusión y ebullición

Las temperaturas de fusión de una sustancia delimitan los intervalos de temperatura en que una sustancia se encuentra en uno de los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gas.

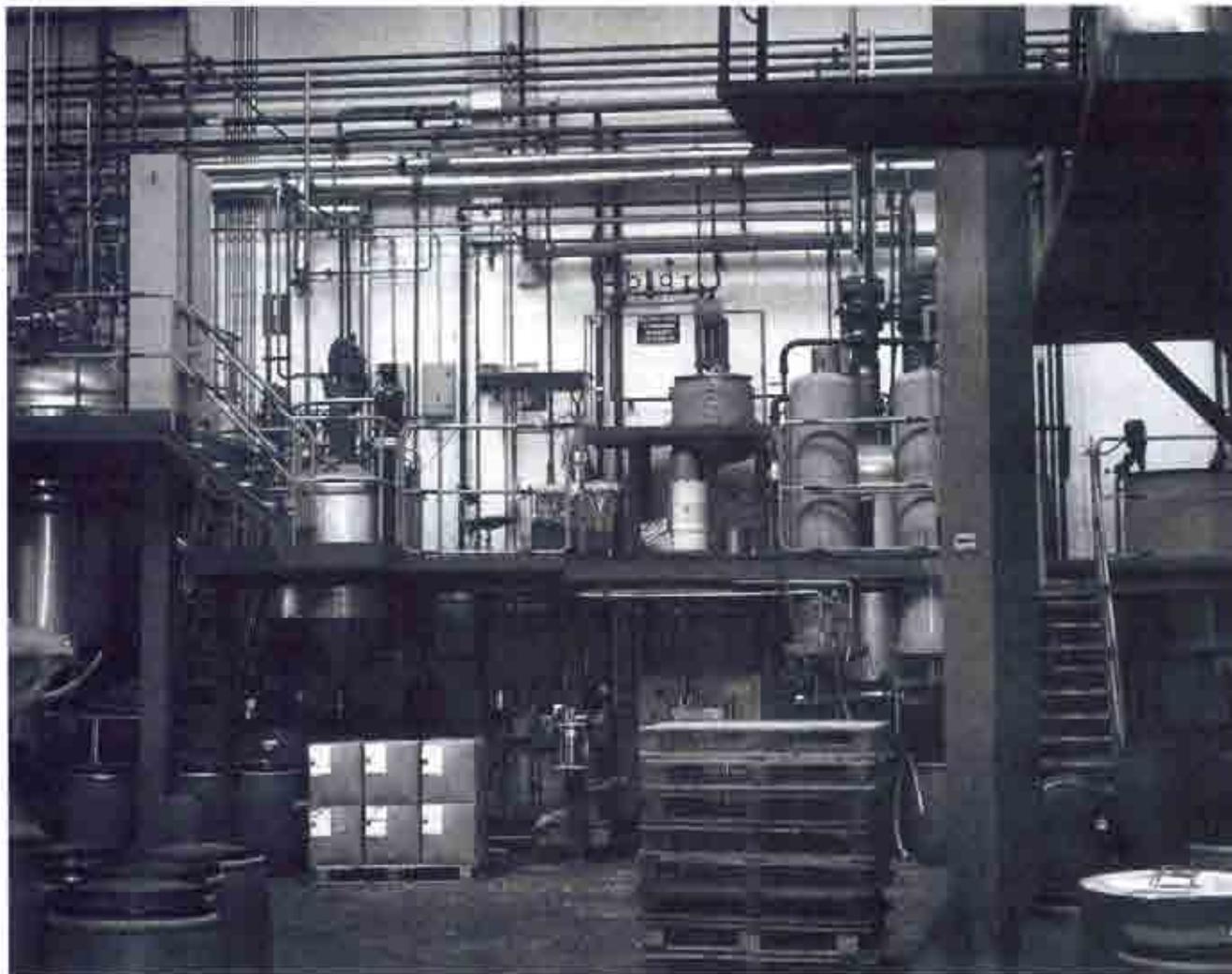
La temperatura de fusión se define como la temperatura a la que el sólido pasa al estado líquido bajo la presión de una atmósfera.

La temperatura de ebullición de un líquido se define como la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido iguala a la presión atmosférica.

Estos parámetros son importantes y a tener en cuenta cuando realicemos tratamientos térmicos diferentes a los habituales.

La temperatura de ebullición también se utiliza como parámetro de referencia para clasificar sustancias como extremadamente inflamables, definiéndose éstas como sustancias que poseen una temperatura de inflamación inferior a 0 °C y una temperatura de ebullición inferior o igual a 35 °C.

La primera información que debemos conocer respecto de una sustancia es su estado físico. Las medidas preventivas que se adoptarán habrán de estar condicionadas por el estado físico de la sustancia a la temperatura habitual de trabajo. Así, los sólidos no ofrecen, por regla general, tantos inconvenientes como los líquidos, debi-



do a que su energía cinética es más baja y no fluyen, permitiendo una manipulación más fácil. Los líquidos, por el contrario, deben, necesariamente, contenerse en recipientes. El riesgo en la manipulación es mayor, debiéndose tener presente la problemática que comportan los derrames o las salpicaduras.

Los gases tienen una energía cinética mucho mayor que los líquidos y los sólidos, y deben ser contenidos en recipientes especiales, los cuales suelen ser bastante seguros, aunque generan mayor problemática en caso de sobrepresión y/o fuga.

Hay que tener en cuenta los riesgos que provocan aquellos líquidos que su temperatura de ebullición es próxima a la temperatura ambiente. Esto implica una presión de vapor muy elevada, favoreciendo el riesgo de inhalación de la sustancia, con la consiguiente posibilidad de perturbación de la salud, si la sustancia es nociva o tóxica, y la facilidad para producir atmósferas inflamables, si la sustancia lo es. Por ejemplo, el ace-

taidehido es un líquido inflamable y nocivo, cuya T_i es $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la T_m es $21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es por definición, un líquido extremadamente inflamable, debiéndose almacenar y manipular con especial precaución.

Límites de inflamabilidad

Existen dos límites: el Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) y el Límite Superior de Inflamabilidad (LSI).

Delimitan los porcentajes mínimos y máximos de combustible en mezcla con el aire en y entre los cuales dichas mezclas son inflamables. Se expresa en tanto por ciento en volumen de mezcla combustible-aire.

Los límites de inflamabilidad no son parámetros constantes, pudiendo sufrir modificaciones a temperaturas elevadas. Por ejemplo, el metanol posee un LII de 6,70 a temperatura ambiente, 5,80 a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 4,81 a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lo mismo puede ocurrir con el LSI, pero aumentando a medida que la temperatura es mayor, incrementán-

dose globalmente el rango de concentración.

Los límites de inflamabilidad deben considerarse en todas aquellas operaciones que faciliten la liberación de vapores inflamables, debiéndose condicionar la ventilación o la utilización de atmósferas inertes para evitar que se alcance el LII.

También se deben tener en cuenta cuando se utilice un explosímetro, debiendo ser calibrado en base al LII de la sustancia a controlar. Los explosímetros suelen emitir la alarma cuando se superan concentraciones en el aire superiores al 10-25% del LII.

Los límites de inflamabilidad son conocidos igualmente como límites de explosividad.

Presión de vapor

El parámetro presión de vapor es interesante dado que nos aporta información sobre la facilidad que tienen las sustancias para pasar al esta-

do vapor a una temperatura determinada.

Se puede definir, de una forma sencilla, como la presión característica a cualquier temperatura dada, de un vapor en equilibrio con su forma líquida o sólida. Se suele expresar en mm de Hg o en KPa.

Este concepto queda ligado al de evaporación, de tal forma que a mayor presión de vapor se ha de esperar generalmente mayor tendencia a la evaporación (existen otros factores que pueden influir en esta tendencia, como el calor latente de evaporación, calor específico, etc., aunque, en nuestra opinión, el concepto de presión de vapor es suficiente para ofre-

cer una visión aproximada, pero clara y sencilla, del fenómeno). Igualmente, la presión de vapor depende de la temperatura, siendo mayor a medida que la temperatura aumenta.

La presión de vapor sirve para determinar el límite inferior de inflamabilidad de una sustancia. Si se conoce la T_i de un líquido en vaso cerrado y la presión de vapor a esa T_i , el LII, en porcentaje en volumen, a presión atmosférica, puede obtenerse, en unidades S.I., como sigue:

$$LII = P_{v_i} / 1,01$$

P_{v_i} expresada en KPa.

Los líquidos inflamables tienen pre-

siones de vapor elevadas (tabla 1). Quizá los valores no nos aportan una visión clara de la dimensión del riesgo. Pensemos en una sustancia a la que estemos habituados a observar su evaporación, por ejemplo, el agua. El concepto generalizado es que el agua evapora rápidamente (ropa tendida, sudor, etc.). La $P_{v_{20}}$ es sólo de 17,5 mm/Hg. Imaginemos ahora una sustancia común en la industria, como es la acetona. Esta sustancia posee una $P_{v_{20}}$ diez veces más que el agua a la temperatura de 20 °C.

Esto significa que cuando se abre un recipiente que contiene acetona, ésta comienza a pasar al estado de vapor rápidamente, pudiendo alcanzar el LII en un intervalo corto de tiempo.

Por lo cual una de las medidas preventivas más importante a considerar es la de no dejar los recipientes abiertos más del tiempo necesario para la aplicación, necesiándose durante la misma unas condiciones de ventilación adecuadas.

Densidad relativa respecto al agua

La densidad relativa de un líquido combustible o inflamable respecto al agua es un parámetro que tiene importancia en las estrategias de extinción de incendios de estos líquidos, especialmente si son poco o nada solubles en agua.

La densidad del agua a 4 °C es de 1000 gr/ml. Para obtener la densidad relativa relacionaremos la densidad de la sustancia, tomada a 20 °C, con la del agua a 4 °C (D_{20}).

Las sustancias que tienen una densidad relativa menor que la unidad y no son solubles en agua permanecen siempre en la superficie en una mezcla con agua, quedando expuestas al oxígeno del aire. Consecuentemente, en caso de incendio, el agua puede contribuir a su propagación, puesto que favorece el contacto entre el combustible y el oxígeno del aire. Ejemplos de estas sustancias son el benceno (D_{20} : 0,88), éter etílico (D_{20} : 0,71) y tolueno (D_{20} : 0,86).

La acetona (D_{20} : 0,79) y el acetonitrilo (D_{20} : 0,79) tienen, igualmente, una densidad relativa menor que uno, pero son solubles en agua, la cual puede ser empleada, aunque con especial precaución.

El clorobenceno (D_{20} : 1,1) y el nitrobenzeno (D_{20} : 1,2) son más densos que el agua y no solubles, siendo, en principio, factible el uso del agua como agente extintor.

No obstante, además de tener pre-



Los productos químicos son suministrados al consumidor en envases.

TABLA 1

Sustancia	PV20 °C	T Inf. °C	Pv sus/ Pv agua (20 °C)	TLV-TWA	I tox
Agua	17,5	-	1	-	-
Acetaldehído	750	-37,8	42,8	25	3.000
Acetato de etilo	76	-4,4	4,3	400	19
Acilonitrilo	481,1	0	27,5	2	24.050
Acetona	180	-17	10,3	750	24
Etanol	43	12,8	2,5	1.000	4
Metanol	97	12	5,5	200	48,5
Benceno	95,2	-11	5,4	10	952

sente la densidad relativa respecto al agua y la solubilidad de una sustancia para utilizar el agua como agente extintor, hemos de asegurarnos que la sustancia no da lugar a una reacción química peligrosa con el agua, como, por ejemplo, la liberación de gases tóxicos e inflamables, exotermicidad, etc.

Densidad relativa del vapor

Al igual que se define una densidad relativa de un líquido respecto al aire (a la que se asigna como valor la unidad), tomando los valores en iguales condiciones de presión y temperatura

Este es un parámetro que se emplea para conocer la tendencia de un vapor a elevarse o asentarse, siendo útil para establecer las condiciones de ventilación necesarias, la ubicación de detectores, etc.

La mayoría de los líquidos y gases inflamables tienen densidades relativas mayores que el aire; por tanto, su tendencia natural es la de asentarse. En cambio, el hidrógeno (Dvap: 0,1) y el metano (Dvap: 0,6) son dos ejemplos de unos pocos gases inflamables que tienen tendencia a elevarse.

Solubilidad en agua

La solubilidad en agua es otro parámetro interesante en el campo de la protección contra incendios. Los fuegos de los líquidos solubles en agua pueden ser extinguidos por dilución mediante el uso del agua como agente extintor.

Diremos que si un líquido no es totalmente soluble en agua, las técnicas de extinción con agua no serán las más aconsejables, excepto en el

caso de que las sustancias tengan una densidad relativa superior a la unidad.

Resistividad eléctrica de los líquidos inflamables

Un problema que se nos plantea cuando debemos realizar operaciones de trasvase o agitación de líquidos inflamables es la aparición de electricidad estática, la cual, si no es eliminada con rapidez, produce una diferencia de potencial elevada, pudiendo generar una descarga disruptiva o chispa que, en condiciones de atmósfera inflamable, es fácil que produzca el incendio.

Uno de los factores determinantes del mayor o menor riesgo de producción de cargas electrostáticas es la propia naturaleza de líquido inflamable, expresada en un parámetro denominado resistividad eléctrica.

Este es un concepto inverso al de conductividad, de tal manera que a mayor conductividad menor resistividad, y viceversa. Se expresa en ohmios/cm.

Cuanto más baja sea la resistividad de un líquido menos peligroso debemos considerarlo, puesto que más facilidad tendrá para la conducción de cargas y, en consecuencia, mayor dificultad en la producción de diferencias de potencial peligrosas.

Se considera que cuando la resistividad de un líquido es inferior a 10¹⁰ ohm/cm, la probabilidad que se generen cargas electrostáticas peligrosas es baja, puesto que a medida que se van formando se van disipando. Los líquidos con resistividades por debajo de este valor suelen ser líquidos polares, como alcoholes, ácidos, bases, ésteres, etc.

Resistividades superiores a 10¹⁰ ohm/cm e inferiores a 10¹⁷ ohm/cm comienzan a ser peligrosas, debiéndose efectuar un control de riesgo.

Líquidos cuyas resistividades están comprendidas entre 10¹⁰ y 10¹⁵ ohm/cm es necesario adoptar rigurosas medidas de prevención y protección. En este grupo se encuentran los líquidos inflamables de estructura no polar, como aromáticos, hidrocarburos de cadena lineal larga o ramificada.

Por encima de 10¹⁵ ohm/cm se considera que la generación de cargas electrostáticas es baja, debido a la práctica ausencia de componentes ionizables, disminuyendo considerablemente el riesgo.

Desafortunadamente, la resistividad no es el único factor determinante de la producción de cargas electrostáticas peligrosas. La velocidad que alcanza un líquido en las operaciones de trasvase, agitación o conducción por tuberías también interviene en la producción masiva de cargas electrostáticas.

Se establece que, para realizar una operación de trasvase segura, no debería superarse la siguiente relación:

$$V \cdot D \leq 0,5 \text{ m}^2/\text{sg.}$$

siendo

V: la velocidad máxima alcanzada en un conducto.

D: el diámetro interior del conducto.

Aparte de estos dos factores principales, existen otros que pueden generar cargas electrostáticas peligrosas, como el arrastre y sedimentación de sólidos en un líquido, la decantación de dos líquidos no miscibles, el flujo ascendente de burbujas de gas a través de un líquido, etc.

Todo ello nos determina las medidas preventivas y de protección a

adoptar, que normalmente serán: control de atmósferas inflamables mediante ventilación o atmósferas inertes, control de la velocidad de llenado, empleo de aditivos antiestáticos, instalación eléctrica protegida, uso de conexiones equipotenciales y puestas a tierra, control de los tiempos de relajación, control de la humedad ambiental y utilización de ropa y calzado conductor.

Calor de combustión

La utilización de algunos parámetros termodinámicos puede contribuir a una apreciación más amplia en la determinación del grado de peligrosidad de líquidos inflamables.

El calor de combustión de una sustancia es el calor emitido por la combustión completa de una unidad de masa de la sustancia. Suele expresarse en Kcal/Kg o Mcal/Kg.

Este parámetro permite calcular la cantidad de calor que puede producir una cierta masa de líquido inflamable, si su combustión fuera total, sirviendo como dato importante en varios métodos de evaluación del riesgo de incendio.

Algunos ejemplos serían: el calor de combustión del hidrógeno (28,5 Mcal/kg), el butano (10,8), la gasolina N.O. 92 (10) y la glicerina (4,3).

PARÁMETROS ÚTILES PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO DE TOXICIDAD DE LAS SUSTANCIAS

Presión de vapor

Además de ser un parámetro útil para establecer el riesgo de incendio, la presión de vapor puede suministrar información orientativa de la facilidad de una sustancia para poder penetrar en el organismo por vía respiratoria, como conducto principal.

Generalmente, se ha de esperar que a mayor presión de vapor de una sustancia mayor facilidad para pasar al estado de vapor, con el consiguiente enrarecimiento de la atmósfera circundante.

La temperatura también influye, de forma que cuando la temperatura aumenta, la presión de vapor también lo hace.

Estableciendo una similitud con el caso de líquidos inflamables, se puede tomar la presión de vapor del agua como la unidad y relacionar la presión de vapor de las sustancias con la del agua, siempre tomadas a una temperatura determinada, que normalmente

Cualquier residuo, incluidos los residuos especiales, debe ser caracterizado con una serie de letras y números. La caracterización también es útil para conocer los riesgos, que son básicamente los mismos que los de las sustancias utilizadas como materias primas.

será 20 °C. De esta manera es posible comparar la facilidad de paso al estado vapor de una sustancia con otra conocida por todos, que es el agua.

El hecho de que una sustancia tenga mayor tendencia a la evaporación no significa, necesariamente, que sea más perjudicial para la salud. Lo podemos comprobar en la acetona y el benceno. La Pv de la primera es 180 mm/Hg, y la del benceno, de 95,2 mm/Hg. En cambio, el benceno es mucho más perjudicial.

Por este motivo se puede establecer un índice comparativo que relacione un parámetro que nos indique la facilidad que tiene una sustancia para pasar al estado vapor, la presión de vapor, con otro indicativo del riesgo de alteración de la salud por vía inhalatoria, el cual puede ser un valor límite umbral (TLV, MAK, etc.) o una concentración letal 50.

Tomaremos el TLV por ser el parámetro más ampliamente utilizado. Así, a este índice lo denominaremos Índice de Toxicidad (I_{tox}), cuya expresión es:

$$I_{tox} = (Pv_{sust}/TLV) \times 100$$

Es importante aclarar que este índice es simplemente orientativo, siendo útil, por ejemplo, como criterio adicional para la elección de una u otra

sustancia para un proceso determinado. Por ejemplo, si es necesario realizar una operación de limpieza industrial y es posible elegir entre varios disolventes, utilizaremos aquel que determine un riesgo menor. Este parámetro, conjuntamente con otros mencionados en este artículo, pueden ayudarnos a una elección acertada. En la tabla 1 se muestran algunos Índices de Toxicidad.

Dosis y concentración letal 50

Las dosis y concentración letal 50 se utilizan para la clasificación de las sustancias en base a su riesgo potencial de alterar la salud.

En muchas ocasiones se emplea el término *tóxico* indiscriminadamente, sin un criterio definido. Incluso el término *tóxico* queda inconcreto si no se hace referencia a la vía de penetración en el organismo. Las dosis y concentración letal 50 nos ayudan a definir cuán tóxica es una sustancia y por cuál de las vías de penetración en el organismo lo es.

Se definen como las dosis y concentraciones cuya administración causa la muerte al 50 por 100 de los individuos que la reciben.

Estos parámetros se determinan sobre animales de experimentación, como ratas y conejos. Se pueden diferenciar las siguientes dosis y concentraciones letales:

Dosis letal 50 oral (DL_{50} oral)

Es aquella cuya administración por vía oral causa la muerte al 50 por 100 de los individuos que la reciben. Se expresa en mg de sustancia por kg, de masa corporal.

Dosis letal 50 cutánea (DL_{50} cutánea)

Es la que al administrarse por vía cutánea causa la muerte al 50 por 100 de los individuos que la reciben. Igualmente se expresa en mg de sustancia por kg de masa corporal.

Concentración letal 50 (CL_{50})

Es la concentración que, administrada en el medio ambiente de la población de animales en estudio, causa la muerte al 50 por 100 de los individuos. Se expresa en mg de sustancia por litro de aire y un tiempo determinado de exposición (en horas).

Las dosis y concentración letal 50 han sido adoptadas como criterios de



Para la determinación de parámetros de toxicidad de sustancias, como las DL50, se utilizan animales de experimentación.

clasificación en el Real Decreto 2.216/1985 sobre declaración de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. En él se establecen las categorías que figuran en la tabla 2.

En la actualidad se ha propuesto una modificación de los valores de concentración letal 50 (tabla 3), recogida en la Directiva 92/32/CEE, modificadora de la Directiva 67/548/CEE por séptima vez, estableciendo los valores que figuran en la tabla 3. CL50 para un tiempo de exposición de 4 horas:

CONCENTRACIÓN INMEDIATAMENTE PELIGROSA PARA LA VIDA O LA SALUD

La concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud (IPVS) es un parámetro que puede ser de utilidad para la elección del método de protección de las vías respiratorias, con el objeto de evitar un accidente producido por una intoxicación aguda por vía inhalatoria.

El límite IPVS corresponde a la máxima concentración de contaminante en la atmósfera a la cual, en caso de ausencia o fallo del equipo respiratorio, se podría escapar en un plazo de

TABLA 2

Criterios de Toxicidad			
Categoría	DL ₅₀ oral rata (mg/kg)	DL ₅₀ cutánea rata o conejo (mg/kg)	CL ₅₀ inhal. rata (mg/l)
Muy tóxica	<25	<50	0,50
Tóxica	20-200	50-400	0,5-2
Nociva	200-2.000	400-2.000	2-20

30 min. sin que la exposición sufrida suponga secuelas irreversibles. Se expresa en ppm o mg/m³.

Evidentemente es un dato que debe manejarse con sumo cuidado. Lejos de los parámetros TLV o similares, los cuales determinan las concentraciones límites, ponderadas en el tiempo, a las que se puede estar expuesto sin que se aprecie alteración de la salud, el estar sometidos a atmósferas por debajo, pero próximas, al límite IPVS puede producir una sintomatología inmediata, como mareos, náuseas, irritación de ojos y vías respiratorias, etc.

Un ejemplo es el cloruro de hidrógeno (o ácido clorhídrico). Su IPVS es 100 ppm, aunque los efectos comienzan a sentirse a partir de 10 ppm

(el TLV es 5 ppm), produciendo irritaciones en las zonas húmedas del cuerpo, volviéndose prácticamente intolerable a partir de 50 ppm.

El IPVS de la acroleína es 5 ppm. A partir de 1 ppm (TLV 0,1) se comienza a producir lagrimeo y es casi intolerable.

El IPVS del sulfuro de hidrógeno (o

TABLA 3

Categoría	CL ₅₀ rata
Muy tóxica	<0,25
Tóxica	0,25-1
Nociva	1-5

ácido sulfhídrico) es de 300 ppm. Entre 50-100 ppm estamos en el umbral de una lesión ocular grave.

Valores límites umbrales

Los criterios de valoración de contaminantes químicos en el medio ambiente de trabajo permiten vislumbrar, de un modo orientativo, el potencial tóxico de una sustancia.

Los criterios de valoración presentan una serie de limitaciones, derivadas de establecer metodologías de estudio que aporten resultados fiables. Por dicha razón, estos criterios pueden variar de un país a otro, e incluso el mismo criterio puede ser revisado periódicamente, ajustándolo a los resultados que arrojen las investigaciones más recientes.

El criterio más extendido en nuestro país es el que propone la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.I.H.), conocido como TLV (Threshold Limit Values) o Valores Límite Umbrales.

Los TLV son límites recomendables y no una frontera entre condiciones seguras y peligrosas.

Se definen tres tipos de TLV, en función de la variedad de efectos que las sustancias pueden producir a las personas expuestas:

TLV-TWA (Valor Límite Umbral-Media Ponderada en el Tiempo)

En la concentración límite, ponderada en el tiempo para una jornada normal de ocho horas diarias y cuarenta horas semanales, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, sin sufrir efectos adversos.

Este valor es el más característico al que se hace referencia habitualmente cuando se cita el valor TLV.

TLV-STEL (Valor Límite Umbral-Límite de Exposición de Corta Duración)

Se define como el límite de la exposición media ponderada en el tiempo durante 15 minutos, que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada, aunque la concentración media de exposición ponderada en el tiempo durante ocho horas sea inferior al TLV-TWA. Las exposiciones para poder aplicar este valor no deben ser mayores de quince minutos, y no deben repetirse más de cuatro veces al día, existiendo un período mínimo de sesenta minutos entre su-

Una práctica positiva que se está implantando con gran profusión, en parte por la reciente normativa que obliga a ello, es la entrega de la hoja de seguridad del producto al usuario profesional que la solicita. En ella se ofrece una información más completa que en la etiqueta.

cesivas exposiciones. Éste es un valor complementario al TLV-TWA.

TLV-C (Valor Límite Umbral-Techo)

Es la concentración límite que no debe sobrepasarse en ningún momento de la exposición durante el trabajo.

Todos estos valores se expresan en ppm o mg/m³.

Los TLV se establecen principalmente para exposiciones por vía inhalatoria. No obstante, en algunos TLV de sustancias se hace referencia a la potencial aportación a la exposición total por vía dérmica, incluidos los ojos y las membranas mucosas, bien por suspensión en el aire, bien por contacto directo de la sustancia.

También se hace referencia a la posibilidad de que la sustancia sea un agente carcinogénico, estableciéndose la siguiente clasificación:

- A1. Cancerígenos confirmados en los seres humanos.
- A2. Cancerígenos con sospecha de serlo en los seres humanos.
- A3. Cancerígenos en animales.
- A4. No clasificados como cancerígenos en los seres humanos.
- A5. No sospechoso como cancerígeno en los seres humanos.

Algunos ejemplos son mostrados

en la tabla 4 (valores propuestos para 1993-1994).

TABLA 4

Sustancia	TLV-TWA (ppm)
Etanol	1.000
Butano	800
Acetona	750
Éter etílico	400
Metanol	200
Monóxido de carbono	25
Benceno	10,A2 (*)
Formaldehído	0,3,A2
Acilonitrilo	2,A2
Cloro	0,5

(*) Existe una propuesta de modificación, quedando como 0,1,A1.

Umbral olfativo

La utilidad principal de este parámetro es su comparación con los valores límite umbrales (TLV), con objeto de seleccionar el respirador más adecuado.

El umbral olfativo de una sustancia es la concentración de ésta en aire a partir de la cual es detectable su olor.

El problema surge cuando una sustancia posee un umbral olfativo superior a su valor límite umbral. Esto significa que, cuando se aprecia el olor de la sustancia, la concentración de ésta en el aire podría ya ser perjudicial para la salud.

Por ejemplo, el umbral olfativo del benceno es de 34-119 ppm, mientras que su TLV es de 10 ppm. El umbral olfativo del cloruro de vinilo es de 10-20 ppm, y su TLV, de 5 ppm. El metilcloroformo tiene un umbral olfativo de 390, y su TLV, de 350 ppm.

En estos casos, el umbral olfativo supera el TLV. En un trabajo continuado con estas sustancias, el estar apreciando su olor indica que estamos en una situación de riesgo para la salud. Si el respirador elegido es dependiente del aire del medio, por ejemplo, máscaras y mascarillas con filtros específicos, se debe evitar que éstos lleguen a la total saturación, estableciéndose una frecuencia de cambio segura. Si el respirador es independiente del aire del medio, el problema desaparece.



La etiqueta suele hacer mención de los riesgos y medidas de seguridad a adoptar.

En la tabla 5 se muestran umbrales olfativos de sustancias:

TABLA 5

Sustancia	UMB OLF (ppm)
Acetona	40
Ácido clorhídrico	0,26-10,1
Ácido sulfhídrico	0,0010-13
Amoniaco	0,043-53
Benceno	34-119
Cloro	0,08
Dióxido de azufre	2,7
Gasolina	0,3
Metilcloroformo	390
Monóxido de carbono	100.000
Tolueno	0,16-37
Cloruro de vinilo	10-20

PARÁMETROS ÚTILES PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO DE CORROSIVIDAD DE LAS SUSTANCIAS

Acción corrosiva de las sustancias

Una forma de determinación de la corrosividad de una sustancia, en base a su daño sobre los tejidos vivos, es la experimentación con animales. Se considera que una sustancia es corrosiva cuando provoca una necrosis perceptible del tejido cutáneo en el lugar de aplicación, al aplicarse sobre la piel intacta de un animal por un período de tiempo de cuatro horas.

Las sustancias corrosivas, atendiendo a esa definición, se pueden clasificar en tres grupos:

Muy corrosivas

Provocan una necrosis perceptible del tejido cutáneo en un período inferior a tres minutos. Como ejemplo tenemos el óleum, ácido nítrico fumante o la hidracina anhídrica.

Corrosivas

Producen una necrosis perceptible del tejido cutáneo en un período comprendido entre tres minutos, como mínimo, y sesenta minutos, como máximo. Ejemplos son el ácido sulfúrico concentrado, ácido acrílico o el hidróxido sódico.

Productos que presentan una corrosividad menor

La necrosis se produce en un período comprendido entre sesenta minutos y cuatro horas. El ácido acético, ácido fosfórico o la etanolamina son algunos ejemplos.

Existe otro parámetro que puede ofrecernos información sobre el carácter corrosivo de una sustancia; es el método para la determinación de la corrosividad sobre el acero. Se basa en introducir unas láminas de acero en un recipiente que contiene el líquido en estudio a una temperatura de 55 °C durante veinticuatro horas. Me-

diante el cálculo de la pérdida de peso que sufre el acero y la ecuación:

$$\text{Ratio corrosión (m.m.p.a.)} = \frac{\text{Pérdida de peso} \times 11,45}{\text{Área} \times \text{tiempo}}$$

una sustancia se considerará como corrosiva cuando el ratio de corrosión exceda el valor de 6,35.

Es posible encontrar una amplia clasificación de sustancias corrosivas en el Acuerdo Europeo de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR).

También el Real Decreto 2.216/1985 sobre clasificación de sustancias peligrosas puede servirnos para localizar las sustancias corrosivas, aunque no especifica el grado de corrosividad.

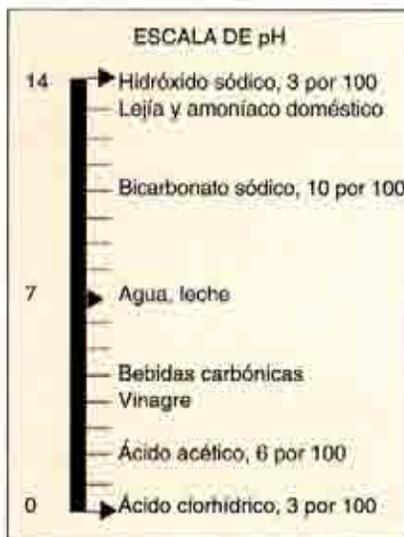
pH

El pH es un parámetro que puede ofrecernos una visión general de la tendencia de una sustancia a la corrosividad. El pH es un concepto solamente aplicable a aquellas sustancias que se encuentran disueltas en agua.

El gráfico 2, que a continuación se presenta, pretende comparar el pH de diversos productos de uso común que manipulamos o consumimos.

En intervalos de pH entre 5 y 9 en-

GRÁFICO 2



contramos productos que podríamos considerar prácticamente neutros: el agua, la leche y algunas bebidas solamente carbónicas. Estos productos no ocasionan ningún efecto en contacto con la piel, ni causan alteraciones en los ojos.

Ampliando el intervalo de pH 2 a 12

encontramos productos, como el vinagre, zumo de limón, bebidas fuertemente carbónicas, disoluciones de bicarbonato sódico. Muchos de ellos, en contacto con los ojos sí podrían ocasionar irritaciones.

En los extremos de la escala de pH se sitúan los ácidos y bases fuertes, aunque en concentraciones diluidas. A estos pH se producen fuertes irritaciones de piel y ojos. El sulfamán, un producto químico de uso doméstico, de ácido clorhídrico que puede llegar a concentraciones del 30 por 100 al calcular su pH encontramos que se sale de escala.

En la mayoría de las industrias se suelen manipular ácidos y bases fuertes en concentraciones elevadas. Es habitual utilizar el hidróxido sódico al 50 por 100, ácido sulfúrico al 96 por 100 y ácido nítrico al 70 por 100. Todas estas sustancias superan ampliamente la escala del pH por ambos extremos. Contactos con la piel producen su destrucción con relativa rapidez.

PARÁMETROS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO DE ECOTOXICIDAD DE LAS SUSTANCIAS

Parámetros de ecotoxicidad sobre organismos

Cualquier producto químico peligroso o tóxico para el ser humano lo es para el medio ambiente. Para conocer su efecto perjudicial sobre el medio ambiente, en particular sobre las aguas residuales, se han desarrollado una serie de métodos que determinan los efectos de las sustancias químicas sobre organismos, como peces, crustáceos, bacterias o algas.

Existe una doble dificultad para definir la ecotoxicidad de una sustancia: en primer lugar, los parámetros de

ecotoxicidad son difíciles de obtener, y en segundo lugar, los resultados obtenidos por un solo método no suelen definir plenamente la peligrosidad o la toxicidad particular de una sustancia a otra forma de vida diferente a la ensayada en el método, debiéndose contrastar los resultados obtenidos por varios métodos que hagan participar diferentes especies.

Uno de los métodos más usuales para la determinación de la toxicidad de las sustancias es el ensayo de la inhibición de la movilidad de un crustáceo llamado *daphnia magna*, en el cual se determina el parámetro CL_{50} , a saber: aquella concentración que inmoviliza en un tiempo dado el 50 por 100 de las *daphnias* utilizadas en el ensayo.

Otro método es el ensayo Microtox, que determina la disminución de emisión de luz de una bacteria luminiscente (*photobacterium phosphoreum*), provocado por el contacto de sustancias tóxicas, las cuales deterioran el estado de salud de las mencionadas bacterias. De este modo se define el parámetro EC_{50} como la reducción de producción de luz en un 50 por 100 en un tiempo y temperatura determinados.

Sobre peces también se realizan ensayos, determinando concentraciones letales 50, CL_{50} para un periodo de tiempo establecido.

La sensibilidad de estos ensayos está en función de la sustancia en estudio, siendo, por regla general, el ensayo de la *daphnia* más sensible para sustancias inorgánicas y pesticidas; los ensayos Microtox y los realizados en peces suelen ser más sensibles a sustancias orgánicas.

En la tabla 6 se muestran algunos resultados en función del método elegido.

La legislación de residuos considera que el residuo es especial, es decir, con propiedades tóxicas, cuando

TABLA 6

Tóxico	Resultados tests de toxicidad mg/l		
	Microtox 5-min EC_{50}	Trucha 96-h CL_{50}	Daphnia 48-h CL_{50}
Cobre ($CuSO_4 \cdot H_2O$)	7,4	0,25	0,02
Mercurio ($HgCl_2$)	0,08	0,21	0,03
Cianuro (KCN)	13,3	0,15	6,1
Fenol	22	9,9	32
Estireno	5,4	2,5	59
Cloroformo	435	32	758

los lixiviados obtenidos, según un test estándar de lixiviación, presentan un EC₅₀ (15 min., 15 °C) inferior o igual a 3.000 mg/l en el ensayo de luminiscencia de la *photobacterium phosphoreum*, o que presentan una CL₅₀ 750 mg/l, según los bioensayos de inmovilización de la *daphnia magna strauss*.

DBO y DQO

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro utilizado para conocer la biodegradabilidad de las sustancias orgánicas en agua. Se define como la cantidad de oxígeno consumido en las condiciones del ensayo, es decir, después de la incubación durante cinco días a 20 °C y en la oscuridad, para ciertas materias presentes en el agua, principalmente para asegurar su degradación por vía biológica.

Los resultados de la determinación DBO, pueden compararse utilizando patrones conocidos. Por ejemplo:

DBO₅ (solución glucosa: 300 mg/l) = 224 mg.

DBO₅ (ácido glutámico: 300 mg/l) = 217 mg.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido por materias existentes en el agua y oxidables en condiciones operativas definidas mediante oxidantes químicos, como el dicromato y el permanganato potásico.

El resultado corresponde al conjunto de materias orgánicas que tiene un carácter biodegradable o no. La diferencia de los resultados obtenidos para la DQO y DBO constituyen una indicación de la importancia de los materiales contaminantes poco o nada biodegradables.

Estos parámetros son útiles en la caracterización de las aguas residuales, pero no nos aportan una información de especial interés para la caracterización del riesgo químico.

Sustancias incluidas en residuos considerados como especiales

Una sustancia química dispuesta como residuo o incluida en un residuo industrial puede ser determinante para clasificar un residuo industrial como tóxico y peligroso o especial.

Se considera residuo industrial tóxico y peligroso todo aquel que cumple una de las condiciones siguientes:

1. Tener T inflamación menor o igual que 55 °C, medido según el método de copa cerrada.

2. Ser corrosivo hasta el punto que:

a) Cause daños graves en los tejidos humanos por exposición durante quince minutos, o menos, por inhalación y contacto con la piel y con los ojos.

b) Cuando el producto sea acuoso y tenga un pH menor o igual que 2, o mayor o igual que 12,5.

c) Ser un residuo líquido que corroa más de 6,35 mm, de espesor de acero por año a una temperatura de prueba de 55 °C.

3. Presentar una o más de las características que citamos a continuación:

a) Sea inestable en contacto con la atmósfera en condiciones de presión y temperaturas ambientales, y sufra cambios rápidos y violentos sin detonar.

b) Reaccione violentamente con el agua.

c) Forme mezclas potencialmente explosivas con el agua.

d) Cuando, al mezclarse con el agua, genere gases tóxicos, vapores o humos en cantidad suficiente como para representar peligro para la salud humana o el medio ambiente.

e) Sea un residuo con cianuros o sulfuros que, cuando esté sometido a condiciones de pH entre 2 y 12,5 pueda generar gases tóxicos, vapores o humos en cantidad suficiente que represente un peligro para la salud humana o el medio ambiente.

f) Pueda detonar o estallar al reaccionar sometido a una fuente iniciadora fuerte o si calienta bajo confinamiento.

g) Pueda sufrir una rápida descomposición o reacción, detonante o explosiva, bajo condiciones estándar de temperatura y presión.

h) Esté clasificado como explosivo de las clases 1.a y 1.b, según el Real Decreto de 29 de junio de 1979 (B.O.E. 20/8/1971).

4. Contenga un producto cancerígeno o probablemente cancerígeno, de acuerdo con la IARC (International Agency for Research of Cancer), con una concentración igual o superior al 0,1 por 100.

5. Presente una toxicidad inferior o igual a una dosis oral DL 50 por rata de 200 mg/kg; una dosis por contacto con la piel de DL50 para conejos de 400 mg/kg, y una CL50 por inhalación de 2 mg/l en cuatro horas para rata.

6. Que los lixiviados obtenidos, según el test estándar de lixiviación, presenten una CL 50 igual o inferior a 750 mg/l, o una EC50 igual o inferior

a 3.000 mg/l, según los bioensayos homologados.

Cualquier residuo, incluidos los residuos especiales, debe ser caracterizado con una serie de letras y números. La caracterización también es útil para conocer los riesgos, que son básicamente los mismos que los de las sustancias utilizadas como materias primas.

CONCLUSIONES

Algunos productos químicos plantean riesgos a la salud y al medio ambiente de las personas. Su procesamiento industrial debe realizarse siguiendo unas normas estrictas de seguridad. Para ello es necesario disponer de la mayor información posible sobre sus riesgos, aunque, en numerosas ocasiones, ésta es una tarea ardua, puesto que no se dispone de una información completa de los riesgos de cada uno de los productos químicos comercializados.

De hecho, la limitación más importante viene impuesta por la dificultad de establecer los riesgos toxicológicos y de impacto ambiental de las sustancias, no tanto así de la peligrosidad física (inflamabilidad, explosividad, etc.), de la cual se dispone de mayor y más fiable información.

A todo esto se le añade la falta de información y de conocimiento que muchos profesionales tienen sobre los productos químicos. Afortunadamente, el interés por la salud y el medioambiente está incrementándose tanto en los círculos laborales como legislativos, favoreciendo la aparición de nuevas fuentes informativas (etiquetas, hojas de seguridad). Adicionalmente, si conocemos y sabemos interpretar ciertos parámetros fisicoquímicos y toxicológicos que proporcionan información sobre los riesgos de los productos químicos, podremos planificar con mayor eficacia las estrategias preventivas más adecuadas en cada estadio del proceso productivo, donde están implicadas estas peculiares materias.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de protección contra incendios*. NFPA. Editorial MAPFRE.
- Patty's industrial hygiene and toxicology*. Wiley-Interscience Publication.
- Diccionario de química y de productos químicos*. Sax/Hawley. Editorial Omega.
- Manual de higiene industrial*. Fundación MAPFRE. Editorial MAPFRE.
- Notas Técnicas de Prevención*, núms. 47, 225, 237, 292. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. ■