

ANEXOS

Sustancias peligrosas para el medio ambiente

La *Directiva 67/548/CEE* establece para las sustancias consideradas peligrosas para el medio ambiente un conjunto de 10 frases «R»⁵¹, las cuales cubren la toxicidad⁵² para los organismos acuáticos y diversos grupos terrestres considerados clave, así como los peligros para la capa de ozono:

— Medio acuático:

- R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- R51 Tóxico para los organismos acuáticos.
- R52 Nocivo para los organismos acuáticos.
- R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

— Medio no acuático:

- R54 Tóxico para la flora.
- R55 Tóxico para la fauna.
- R56 Tóxico para los organismos del suelo.
- R57 Tóxico para las abejas.
- R58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.
- R59 Peligroso para la capa de ozono.

No obstante, y en lo referente al medio acuático, los criterios científicos se han establecido para cada categoría, no para cada frase «R», por lo que las categorías aceptadas actualmente para la clasificación de sustancias peligrosas para el medio ambiente acuático son:

- N R50 Muy tóxico para organismos acuáticos.
- N R50/R53 Muy tóxico para organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- N R51/R53 Tóxico para los organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

⁵¹ Ver anexo VI de la Orden Presidencial 2317/2002, de 16 de septiembre, por la que se modifican los anexos I, II, III, IV, V, VI y VII del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, que traspone al ordenamiento jurídico español la Directiva 67/548/CEE.

⁵² La toxicidad de la sustancia, valorada como una propiedad intrínseca, se estima mediante una serie de ensayos de laboratorio. Las condiciones ambientales, normalizadas para cada test, no pueden ser consideradas en la valoración. Además, los efectos de las condiciones ambientales (condiciones de calidad del suelo, del agua o del sedimento tales como el pH, la dureza del agua, el contenido en materia orgánica del suelo o del sedimento) sobre la viabilidad y/o la toxicidad de la sustancia, no son tenidas en cuenta dentro del rango considerado como condiciones ambientales realistas, dentro de las condiciones europeas.

- R52/R53 Nocivo para los organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- R52 y/o R53 Nocivo para los organismos del medio ambiente acuático y/o puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. (Cubre otros peligros identificados y no considerados por los criterios específicos en las categorías anteriores.)

Las bases científicas de los criterios ya aprobados para el compartimento acuático pueden resumirse como sigue:

- I. El primer criterio es la toxicidad aguda de la sustancia sobre tres grupos taxonómicos: peces, invertebrados (daphnia) y algas.
- II. Cada grupo taxonómico tiene el mismo peso específico.
- III. Para una sustancia determinada, se selecciona la LC_{50} *más baja*, es decir, se considera la especie más sensible.
- IV. Las sustancias son clasificadas en cuatro grupos, según su toxicidad (muy tóxica, tóxica, nociva, no-clasificada), utilizando para ello los siguientes valores de corte:

Valores de corte
< 1 mg/l
1-10 mg/l
10-100 mg/l
> 100 mg/l

V. Se consideran las características intrínsecas de la sustancia para matizar la clasificación. De modo que la propuesta final clasifica como peligrosas para el medio ambiente acuático:

- Aquellas sustancias muy tóxicas.
- Sustancias tóxicas con alta persistencia o potencial de bioacumulación.
- Sustancias nocivas persistentes.

En lo referente al medio ambiente no acuático, la Directiva establece una serie de frases de riesgo que van desde la frase R54 a la R58.

Sin embargo, los criterios científicos necesarios para cada una de estas frases «R», en relación con el medio ambiente no acuático, aún no se han desarrollado.

En resumen, la clasificación y el etiquetado de las sustancias químicas trata de concienciar y alertar, tanto al usuario como al gestor medioambiental, sobre el potencial daño que las emisiones podrían acarrear.

A través de un adecuado sistema de clasificación, los industriales estarán informados del peligro potencial de una sustancia para los organismos acuáticos y los organismos terrestres.

Es por ello que, como una de las primeras fases del análisis de riesgo, el industrial debe proceder a la identificación de las sustancias químicas existentes en su establecimiento, prestando una mayor atención, en el caso de la presente guía, a aquellas clasificadas como peligrosas para el medio ambiente, ya que, si bien no es la única forma de dañar el medio ambiente, sí constituyen a priori la principal fuente de riesgo.

Anexo 2

Comportamiento medioambiental de las sustancias

Las tablas A y B muestran a modo de resumen una serie de datos de interés que pueden ser deducidos a partir de la magnitud de una propiedad físico-química o proceso del compartimento medioambiental.

TABLA A

Propiedades físico-químicas frente a procesos dentro del compartimento medioambiental

		Procesos dentro del compartimento medioambiental			
		Volatilidad	Hidrólisis	Adsorción	Bioconcentración
Propiedades físico-químicas	Hidrosolubilidad				
	Presión de vapor				
	Coefficiente de reparto octanol/agua				
	Constante de la Ley de Henry				
	Coefficiente de adsorción en la materia orgánica				

TABLA B

Propiedades de la sustancia química	¿Qué indica esta propiedad acerca de la sustancia química?	¿Qué es probable que ocurra si la sustancia química tiene...?
<p>Hidrosolubilidad (Hs)</p> <p><i>¿Qué es?</i> La hidrosolubilidad o solubilidad acuosa es comúnmente definida como la máxima cantidad de sustancia química por unidad de volumen de la fase acuosa cuando la solución está en equilibrio y a una determinada presión y temperatura (25 °C, 1 atm).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad ▪ Potencial de acumulación (indirectamente) ▪ Potencial de bioacumulación (indirectamente) 	<p>Alta hidrosolubilidad:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad ▪ Biodegradación ▪ Metabolización <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acumulación ▪ Bioacumulación ▪ Volatilización ▪ Persistencia <p>Baja hidrosolubilidad:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inmovilización por adsorción ▪ Acumulación ▪ Bioacumulación ▪ Persistencia <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad
<p>Coefficiente de reparto octanol-agua (K_{ow}):</p> <p><i>¿Qué es?</i> Es una medida de la hidrofobicidad o la afinidad hacia los lípidos, de una sustancia disuelta en agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencial de adsorción ▪ Potencial de bioconcentración (de una sustancia química en los tejidos grasos) 	<p>Alto K_{ow}:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bioacumulación ▪ Bioconcentración ▪ Adsorción en suelo y sedimentos <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad <p>Bajo K_{ow}:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad ▪ Solubilidad ▪ Biodegradación ▪ Metabolización <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bioacumulación
<p>Presión de vapor (Pv):</p> <p><i>¿Qué es?</i> Estimación de la tendencia de un determinado compuesto para volatilizarse y repartirse dentro de la fase gaseosa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentración en el aire ▪ Tendencia a volatilizarse 	<p>Alta Pv:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Existencia de riesgo potencial por inhalación ▪ Evaporación rápida <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Persistencia <p>Baja Pv:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Persistencia <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo potencial de inhalación
<p>Coefficiente de adsorción en la materia orgánica del suelo (K_{oc}):</p> <p><i>¿Qué mide?</i> La afinidad de una sustancia química a su adsorción en suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es probable su persistencia en el suelo ▪ El potencial de adsorción de la sustancia química por el suelo 	<p>Alta K_{oc}:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adsorción ▪ Acumulación <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad <p>Baja K_{oc}:</p> <p><i>Probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilidad <p><i>Poco probable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adsorción

Propiedades físico-químicas

HIDROSOLUBILIDAD (HS)

Esta propiedad constituye uno de los factores claves que van a determinar tanto el comportamiento como el impacto de la sustancia química.

La hidrosolubilidad o solubilidad acuosa es comúnmente definida como la máxima cantidad de sustancia química por unidad de volumen de la fase acuosa cuando la solución está en equilibrio y a una determinada presión y temperatura (25 °C, 1 atm). Por encima de esa concentración existirán dos fases dentro del sistema disolvente-soluto.

Los compuestos muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos. Por lo tanto, son rápidamente transportados desde el suelo contaminado hasta los cuerpos de agua superficial y/o profunda. La hidrosolubilidad también afecta la volatilidad desde el agua. Por ejemplo, los compuestos muy solubles en agua tienden a ser menos volátiles y también muy biodegradables.

La hidrosolubilidad se expresa normalmente en términos de masa por unidad de volumen (mg/l o $\mu\text{g/l}$).

PRESIÓN DE VAPOR (PV)

La presión de vapor constituye otra propiedad físico-química muy importante. A través de este parámetro es posible estimar la tendencia de un determinado compuesto para volatilizarse y repartirse dentro de la fase gaseosa.

La presión de vapor se define como la presión parcial ejercida por el vapor de un compuesto en equilibrio con su fase condensada, sea líquida o sólida y a una temperatura dada. La presión de vapor de un compuesto puro será igual a 1 atm a su temperatura de ebullición.

COEFICIENTE DE REPARTO OCTANOL/AGUA (K_{ow})

El coeficiente de reparto n-octanol-agua (K_{ow}) representa la relación entre la concentración en la fase de n-octanol y en la fase acuosa en el equilibrio. Es una medida de la hidrofobicidad o la afinidad hacia los lípidos, de una sustancia disuelta en agua.

Los compuestos químicos con valores altos de K_{ow} tienden a acumularse en las porciones lipídicas de los organismos y a concentrarse en suelos y sedimentos. Por el contrario, los compuestos con bajos K_{ow} tienden a distribuirse en el agua o aire.

CONSTANTE DE LA LEY DE HENRY (K_h)

Ley en virtud de la cual la cantidad de gas que se disuelve en una cantidad determinada de líquido es directamente proporcional a la presión parcial del gas en el líquido, a temperatura constante. En otras palabras, la Ley de Henry (coeficiente de reparto aire-agua) viene a cuantificar la tendencia relativa de un compuesto a existir en forma de moléculas de vapor en contraposición a estar disuelto en agua.

COEFICIENTE DE ADSORCIÓN EN MATERIA ORGÁNICA (K_{oc})

En concentraciones bajas de contaminantes, la isoterma de adsorción en los suelos y los sedimentos es lineal y reversible, $S = K_p C$, en donde S es la concentración de la sustancia química en la fase adsorbida, C la concentración de la sustancia en la fase acuosa y K_p el coeficiente de reparto entre el suelo o el sedimento y el agua.

Los suelos y sedimentos diferentes, normalizados para la misma concentración de carbono orgánico (OC), tienen valores de K_p muy parecidos y la adsorción ocurre principalmente en la materia orgánica. Por lo tanto, la relación anterior entre S y C se convierte en: $S = K_{oc} C$, en donde K_{oc} es el coeficiente de adsorción de carbono orgánico, el cual se relaciona con K_p del siguiente modo: $K_{oc} = K_p/F_{oc}$, en donde F_{oc} representa la fracción de carbono orgánico en la fase de suelo y sedimento. El K_{oc} es adimensional y proporciona una medida de la afinidad de una molécula hacia un suelo.

Un K_{oc} alto indica que el compuesto orgánico se fija con firmeza a la materia orgánica en el suelo, por lo que se va poca cantidad del compuesto a las aguas superficiales o acuíferos. Un bajo K_{oc} sugiere la posibilidad de que el compuesto pueda ir a las aguas superficiales o acuíferos.

Procesos dentro del compartimento medioambiental

VOLATILIDAD

Cualidad de una sustancia a evaporarse a determinada temperatura y presión.

BIODEGRADACIÓN

Proceso de descomposición de la sustancia química a través de la acción de microorganismos.

METABOLIZACIÓN

Suma de todos los procesos químicos y físicos en el interior de un organismo vivo.

ADSORCIÓN

Proceso mediante el cual la sustancia química es fijada de una manera física en suelos o sedimentos. Los compuestos adsorbidos son difícilmente solubles en agua y su comportamiento medioambiental quedará unido a la matriz del suelo en el que permanecen retenidos.

BIOCONCENTRACIÓN

Capacidad de un producto químico de acumularse en tejidos vivos en cantidades superiores a las del medio circundante.

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN (BCF)

Relación de la concentración de productos químicos en un organismo y la concentración en el medio ambiente o los alimentos.

Este factor se determina dividiendo la concentración de equilibrio de un compuesto químico en un organismo o tejido entre la concentración del mismo compuesto en un medio. En general, los compuestos que tienen un alto valor de K_{ow} tienen un alto BCF. Sin embargo, algunos compuestos como los hidrocarburos aromáticos no se acumulan en peces y vertebrados a pesar de su alto K_{ow} . Esto se debe a que los peces tienen la habilidad de metabolizar rápidamente dichos compuestos.