

# Evaluación simplificada de la exposición por inhalación a agentes químicos

**M.E. Sousa, M.T. Sánchez Cabo, J. Aguilar, M. Bernaola, V. Gálvez, P. Rams, C. Tanarro, J.N. Tejedor**

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSHT.

*Las metodologías simplificadas no están planteadas para la evaluación exhaustiva de todas las situaciones en las que existe riesgo de exposición por inhalación de agentes químicos, sino que lo que se pretende con las mismas, a grandes rasgos, es detectar cuándo la exposición está claramente por encima o muy por debajo del valor límite ambiental. En este sentido, se presenta un procedimiento semicuantitativo muy completo, al considerar un gran número de variables relevantes para la exposición, sin aumentar por ello la dificultad de aplicación.*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años han aparecido un buen número de metodologías simplificadas, unas para evaluar el riesgo químico (1), bien sea por inhalación, bien sea por vía dérmica o incluso para evaluar otros aspectos más próximos a la seguridad en el manejo de agentes químicos (AQ), como puede ser el riesgo de incendio o explosión (1), y otras para recomendar un grado u otro de protección colectiva (2, 3, 4). Entre estas últimas, la más conocida es el COSHH Essentials (2, 3) del *Health and Safety Executive* (HSE).

Existe una corriente establecida que parece opinar que, con la utilización de estos procedimientos simplificados, se puede evitar la toma de muestras y el posterior análisis de los AQ en el aire. Aunque tanto el Real Decreto 374/2001 de AQ (5), como la norma europea EN 689 (6), que da unas pautas para la

evaluación de la exposición por inhalación a AQ, contemplan la posibilidad de completar la evaluación sin necesidad de efectuar ninguna medición, en nuestra opinión, tan ilógico es pensar que siempre va a ser necesaria la etapa de evaluación cuantitativa de la exposición, como pensar que estos procedimientos son capaces de finalizar siempre la evaluación de la exposición a AQ sin necesidad de realizar ninguna medición.

Es precisamente en una de las etapas para la evaluación propuesta en la norma citada anteriormente (6), concretamente en la etapa de estimación inicial, donde estos procedimientos simplificados encuentran su principal aplicación. Como establece dicha norma, en esa etapa se trata de decidir, sin efectuar ningún tipo de mediciones ambientales, si la exposición supera el valor límite o bien si la exposición se encuentra muy por debajo del valor límite. En ninguno de

los dos casos habría que comprobar la veracidad de nuestras suposiciones mediante mediciones ambientales, sino que lo adecuado sería tomar medidas, sean del tipo que sean, que conduzcan a una disminución de los niveles de exposición en el primer caso y dar por concluida la evaluación en el segundo, elaborando el correspondiente informe justificativo.

Los procedimientos simplificados desarrollados hasta ahora consideran algunas de las variables que influyen en la exposición del trabajador sin tener en cuenta el valor límite ambiental (VLA), que es el criterio de referencia que hay que considerar para evaluar el riesgo por inhalación. Desde nuestro punto de vista, es más correcto considerarlo como factor de corrección para establecer el nivel de riesgo, ya que parece obvio pensar que, a igualdad de otras variables, la facilidad para alcanzar una concentración en ambiente próxima al VLA es inversamente

proporcional al valor numérico del mismo.

Algunos de nosotros comentábamos, en un artículo anterior (7), un procedimiento simplificado desarrollado por el *Institut National de Recherche et de Sécurité* (INRS) (1). En este artículo presentamos un procedimiento simplificado para evaluar la exposición por inhalación a agentes químicos que, si bien tiene muchas similitudes con el comentado más arriba, presenta una serie de modificaciones que permiten evaluar más correctamente el riesgo.

### Ventajas y limitaciones

Los métodos simplificados de evaluación presentan, en general, las siguientes ventajas:

- Sencilla comprensión y aplicación, ya que utilizan una información fácilmente obtenible y fiable.
- Aplicables a sustancias que no tienen establecido valor límite ambiental.
- Útiles para PYME.
- Permiten seleccionar un pequeño grupo de todos los agentes químicos inventariados con riesgo potencial significativo y abordar su estudio posterior de una forma más detallada.
- Pueden facilitar la elección del método a seguir cuando sea necesaria la determinación cuantitativa. Así, en el caso de haber seguido el método y de que sea necesario muestrear un agente pero del análisis de las condiciones se sospeche fundadamente que no está presente y, si lo está, en cantidades no significativas, se puede emplear un método de



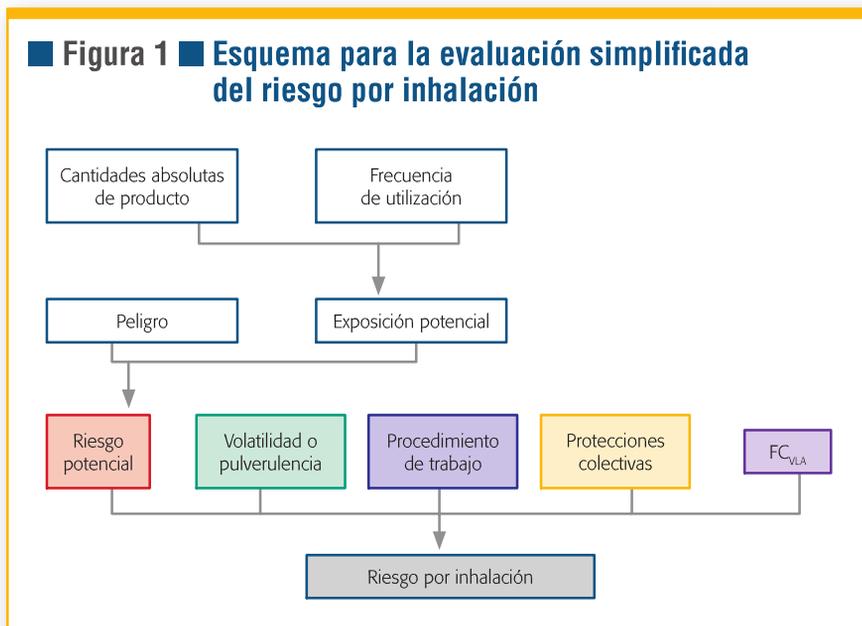
lectura directa sin efectuar un muestreo personal o bien realizar mediciones en el caso más desfavorable (6).

Entre las limitaciones se pueden destacar:

- Pueden subestimar el riesgo cuando el AQ tiene un valor límite ambiental muy bajo, inferior a  $0,1 \text{ mg/m}^3$ , ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja.
- Pueden subestimar el riesgo cuando el AQ se presenta al mismo tiempo en forma de vapor y en forma de partículas.
- No son adecuados para valorar exposiciones pico.
- No sirven para evaluar la aditividad de efectos de agentes químicos.
- No consideran de un modo cuantitativo los tiempos de exposición.
- No indican cómo evaluar la vía dérmica.
- En caso de existir medidas de protección individual y colectiva, o no las consideran o no se evalúa, caso por caso, la eficacia y suficiencia de las mismas.

Con independencia de aquellos casos en los que la legislación indica cuándo, cómo y dónde deben efectuarse mediciones ambientales para determinar la exposición, como ocurre con el amianto (8), existen una serie de situaciones en las que el procedimiento aquí descrito no es aplicable, tal es el caso de:

**Figura 1** ■ Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación



- medicamentos,
- productos de descomposición térmica, lo que puede ocurrir, por ejemplo, en el tratamiento térmico de plásticos (este hecho está indicado, para algunos casos, con las notas "l" y "m" en el documento Límites de exposición profesional para agentes químicos en España (9)); cuando se puedan formar nitrosaminas, porque existan productos precursores (indicados con la nota "f" (9)) y agentes nitrosantes; cuando se puedan formar hidrocarburos policíclicos aromáticos; cuando se pueda formar fosgeno a partir de hidrocarburos clorados, etc.

## Variables empleadas

La evaluación simplificada del riesgo por inhalación de agentes químicos que se propone se realiza a partir de las siguientes variables:

- Riesgo potencial.
- Propiedades físico-químicas (la volatilidad o la pulverulencia, según el estado físico).
- Procedimiento de trabajo.

- Medios de protección colectiva (ventilación).
- Un factor de corrección ( $FC_{VLA}$ ), cuando el VLA del AQ sea muy pequeño, inferior a  $0,1 \text{ mg/m}^3$ .

Para cada variable se establecen unas clases y una puntuación asociada a cada clase. La puntuación del riesgo se hace a partir de la puntuación obtenida para estas cuatro variables y el factor de corrección que sea aplicable. El esquema a seguir se encuentra en la figura 1.

El método original del INRS (1) considera el peligro del AQ en lugar del riesgo potencial, porque la cantidad y la frecuencia ya se tienen en cuenta en la etapa de jerarquización. Sin embargo, dado que en este procedimiento se aborda únicamente la evaluación del riesgo por inhalación, se ha convenido emplear, para determinar el riesgo por inhalación, la variable riesgo potencial que engloba el peligro, la cantidad absoluta y la frecuencia de utilización.

Además, se ha introducido un factor de corrección en función del VLA, que no se utilizaba en el procedimiento del INRS (1), por los motivos ya indicados en la introducción.

## DETERMINACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL

El cálculo del riesgo potencial se hace a partir del peligro, la cantidad absoluta de AQ y la frecuencia de utilización, según se indica en el esquema de la figura 1. Este esquema es similar al utilizado por el INRS (1) para la jerarquización de riesgos, con la diferencia de que aquí las cantidades que se utilizan son absolutas. El motivo de que se utilice la cantidad absoluta, en lugar de la relativa, es porque aquí no se pretende jerarquizar el riesgo potencial, sino obtener una estimación semicuantitativa.

## Clase de peligro

Las clases de peligro se establecen siguiendo los criterios de la tabla 1. Para asignar una clase de peligro a un agente químico es necesario conocer sus frases R o H.

Cuando un producto, sustancia o mezcla, no tiene asignadas frases R o H, la atribución a una clase de peligro u otra se puede hacer a partir de los VLA expresados en  $\text{mg/m}^3$ , dando preferencia a los valores límite de larga duración frente a los de corta duración.

En el caso de que tampoco tenga asignado ningún tipo de VLA:

- Si se trata de una sustancia, se le asigna la clase de peligro 1.
- Si se trata de una mezcla o preparado comercial, se le asigna la clase de peligro 1.
- En el caso de mezclas no comerciales que vayan a ser empleadas en la misma empresa en otros procesos, se utilizarán las frases R o H de los componentes. Para no sobreestimar el riesgo en este caso, se deben te-

**Tabla 1 Clases de peligro en función de las frases R o H, los valores límite ambientales y los materiales y procesos**

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	Materiales y procesos
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	> 100	
2	R37 R36/37, R37/38 R36/37/38 R67	H335 H336	> 10 ≤ 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito / Material de construcción / Talco / Cemento / Composites / Madera de combustión tratada / Soldadura Metales-Plásticos / Material vegetal-animal
3	R20 R20/21, R20/22 R20/21/22 R33 R48/20, R48/20/21 R48/20/22 R48/20/21/22 R62, R63, R64, R65 R68/20, R68/20/21 R68/20/22, R68/20/21/22	H304 H332 H361 H361d H361f, H361fd H362 H371 H373 EUH071	> 1 ≤ 10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes
4	R15/29 R23 R23/24, R23/25 R23/24/25 R29, R31 R39/23, R39/23/24 R39/23/25, R39/23/24/25 R40, R42 R42/43 R48/23, R48/23/24 R48/23/25, R48/23/24/25 R60, R61, R68	H331 H334 H341 H351 H360 H360F, H360FD H360D, H360Df, H360Fd H370 H372 EUH029 EUH031	> 0,1 ≤ 1	Maderas blandas y derivados Plomo metálico Fundición y afinaje de plomo
5	R26, R26/27, R26/28 R26/27/28, R32, R39 R39/26 R39/26/27, R39/26/28 R39/26/27/28 R45, R46, R49	H330 H340 H350, H350i EUH032 EUH070	≤ 0,1	Amianto <sup>(2)</sup> y materiales que lo contienen Betunes y breas Gasolina <sup>(3)</sup> (carburante) Vulcanización Maderas duras y derivados <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10.

<sup>(2)</sup> Posee legislación específica obligatoria (8) y requiere evaluación cuantitativa obligatoria por ser cancerígeno.

<sup>(3)</sup> Se refiere únicamente al trabajo en contacto directo con este agente.

<sup>(4)</sup> Se refiere a polvo de maderas considerado como cancerígeno (12).

ner en cuenta las concentraciones de los componentes<sup>1</sup>, tal y como se hace para las mezclas comerciales.

Para los materiales o productos comercializados no sujetos a la normativa de etiquetado, como son la madera, aleaciones, electrodos, etc., la clase de peligro se establece en función del agente químico emitido por el proceso.

<sup>1</sup> En la asignación de frases R o H a una mezcla o preparado comercial, a partir de las de los componentes, se tienen en cuenta los límites de concentración establecidos en la legislación vigente de clasificación, envasado y etiquetado (10 y 11).

La tabla 1 está modificada con respecto a la tabla original del INRS (1). En particular, se han efectuado los siguientes cambios:

- Se han eliminado las frases R no aplicables en el caso de inhalación.
- Se ha eliminado la frase R48 de la categoría 4, ya que siempre aparece combinada y, además, no tiene equivalencia con ninguna frase H de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1272/2008 (10).
- Se ha aumentado la clase de peligro para los cancerígenos, mutágenos y

sensibilizantes por inhalación. Es el caso de las frases R40, R42, R42/43 y R68 que pasan de categoría 3 a 4 y las frases R45, R46 y R49 que pasan de 4 a 5.

- Se ha modificado la columna de materiales y procesos conforme a los cambios de categoría de las frases R.
- Se ha disminuido la clase de peligro de la frase R67, de la 3 a la 2, ya que, si una sustancia lleva la frase R67, es porque no cumple con los requisitos de clasificación como nociva por inhalación (R20).

**Tabla 2 ■ Clases de cantidad en función de las cantidades por día**

Clase de cantidad	Cantidad / día
1	< 100 g o ml
2	≥ 100 g o ml y < 10 kg o l
3	≥ 10 y < 100 kg o l
4	≥ 100 y < 1000 kg o l
5	≥ 1000 kg o l

**Tabla 3 ■ Clases de frecuencia de utilización**

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
<b>Día</b>	≤ 30 min	> 30 min - ≤ 120 min	> 2 - ≤ 6 h	> 6 h
<b>Semana</b>	≤ 2 h	> 2 - 8 h	1 - 3 días	> 3 días
<b>Mes</b>	1 día	2 - 6 días	7 - 15 días	> 15 días
<b>Año</b>	≤ 15 días	> 15 días - ≤ 2 meses	> 2 - ≤ 5 meses	> 5 meses
<b>Clase →</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	0: El agente químico no se usa hace al menos un año. El agente químico no se usa más.			

**Tabla 4 ■ Determinación de las clases de exposición potencial**

Clase de cantidad						
<b>5</b>	0	4	5	5	5	
<b>4</b>	0	3	4	4	5	
<b>3</b>	0	3	3	3	4	
<b>2</b>	0	2	2	2	2	
<b>1</b>	0	1	1	1	1	
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Clase de frecuencia</b>

- Se ha incluido una columna para asignar la clase de peligro en función de las frases H, basándose en la equivalencia entre frases R y frases H del Reglamento (CE) nº 1272/2008 (10) y decidiendo, en caso de duda, según nuestro criterio técnico.

### Clase de cantidad

La clase de cantidad se calcula según el criterio de la tabla 2, teniendo en cuenta las cantidades por día. En el caso de tratarse de un gas, se tomará el volumen en condiciones normales de presión y temperatura.

### Clase de frecuencia

Para asignar la clase de frecuencia se emplea la tabla 3.

### Clase de exposición potencial

Con las clases de cantidad y frecuencia se determina la exposición potencial, tal y como se indica en la tabla 4.

### Puntuación de la clase de riesgo potencial

A partir de las clases de peligro y de exposición potencial se determina la clase de riesgo potencial siguiendo el criterio de la tabla 5.

Una vez establecida la clase de riesgo potencial, ésta se puntúa de acuerdo con la tabla 6.

## DETERMINACIÓN DE LA VOLATILIDAD O PULVERULENCIA

La tendencia del agente químico a pasar al ambiente se establece en función del estado físico. Para los sólidos se establecen tres clases de pulverulencia, según los criterios recogidos en la tabla 7.

**Tabla 5 ■ Clases de riesgo potencial**

Clase de exposición potencial						
5	2	3	4	5	5	
4	1	2	3	4	5	
3	1	2	3	4	5	
2	1	1	2	3	4	
1	1	1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	Clase de peligro

Para los líquidos existen tres clases de volatilidad, en función de la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización del agente químico siguiendo lo indicado en la figura 2.

En caso de duda se debe optar por la categoría superior, para tomar la opción más desfavorable.

Si el proceso se desarrolla a distintas temperaturas, para calcular la volatilidad debe usarse la temperatura más alta.

Existen algunos agentes químicos que tienen una presión de vapor lo suficientemente grande como para poder estar presentes en el ambiente en forma de materia particulada y en forma de vapor simultáneamente, contribuyendo con cada una de ellas de forma significativa a la exposición. Estos compuestos están señalados con la nota "FIV" en el Documento Límites de exposición profesional para agentes químicos en España (9). En estos casos, la aplicación de éste o cualquier otro método simplificado puede subestimar el riesgo. Esto es frecuente en la aplicación de plaguicidas y, en general, en operaciones de pulverización (*spraying*) o en las que intervienen cambios de temperatura que puedan afectar al estado físico del agente en cuestión.

En estos casos, se calcula la volatilidad del compuesto como un sólido, es decir, teniendo en cuenta la pulverulencia, y como un líquido, utilizando en este caso la presión de vapor a la temperatura de trabajo, en lugar de la temperatura de ebullición y la temperatura de trabajo, y se considera la más alta de las dos. En la tabla 8 se muestra cómo asignar la clase de volatilidad en función de la presión de vapor, Pv.

Cuando el producto a evaluar es una mezcla susceptible de formar un azeótropo, se tomará esta temperatura como

**Tabla 6 ■ Puntuación para cada clase de riesgo potencial**

Clase de Riesgo Potencial	Puntuación de Riesgo Potencial
5	10000
4	1000
3	100
2	10
1	1

**Tabla 7 ■ Determinación de la clase de pulverulencia para los materiales sólidos**

Descripción del material sólido	Clase de pulverulencia
Material en forma de polvo fino. Formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (por ejemplo: azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (por ejemplo: azúcar consistente cristalizada).	2
Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1

punto de ebullición. En caso contrario, se utilizarán los de los componentes de forma individual. Si se trata de una mezcla comercial, se toma como punto de ebullición el que se indique en la ficha de datos de seguridad (FDS). Si la FDS da un intervalo de destilación, se tomará la temperatura más baja.

En el caso de disoluciones, se toma como punto de ebullición el que se indique en la FDS. Si no se indicase, se puede tomar como punto de ebullición la temperatura del disolvente.

En la tabla 9 se dan las volatilidades para los tratamientos químicos de super-

**Tabla 8** ■ Clase de volatilidad en función de la presión de vapor

Presión de vapor a la temperatura de trabajo	Clase de volatilidad
$P_v < 0,5 \text{ KPa}$	1
$0,5 \text{ KPa} \leq P_v < 25 \text{ KPa}$	2
$P_v \geq 25 \text{ KPa}$	3

**Tabla 9** ■ Asignación de la clase de volatilidad para algunos ejemplos de tratamientos químicos de superficie y baños electrolíticos

Proceso	Tipo	Componentes	Temperatura de trabajo	Volatilidad
Electrolisis cianurada	Cinc	Cloruro de cinc	20-50 ° C	<b>1</b>
Desengrase	Alcalino	Sales alcalinas de sodio	60-75 ° C 75-95 ° C	<b>1</b> <b>2</b>
Decapado	Cobre	Ácido sulfúrico	50-70 ° C 70-85 ° C	<b>1</b> <b>2</b>
Electropulido	Acero inoxidable	Ácido sulfúrico y fosfórico	20-60 ° C 60-80 ° C	<b>1</b> <b>2</b>
Electrolisis cianurada	Cadmio y cobre	Sales de cianuro e Hidróxido sódico	45-70 ° C	<b>1</b>
Electrolisis ácida	Cinc	Cloruro de cinc	20-50 ° C	<b>1</b>
Desengrase	Disolventes clorados	Tricloroetileno y percloroetileno	85-120 ° C	<b>2</b>
Decapado	Aluminio	Crómico y sulfúrico Hidróxido sódico	60 ° C 60 ° C	<b>2</b>
Electrolisis ácida	Níquel	Sulfato de níquel	20-35 ° C	<b>2</b>
Decapado	Aluminio	Ácido nítrico	20-30 ° C	<b>3</b>
Decapado	Hierro y acero	Ácido clorhídrico	20 ° C	<b>3</b>
Electrolisis ácida	Cromo	Ácido crómico	30-60 ° C	<b>3</b>
Tratamiento superficie	Anodizado de aluminio	Ácido crómico y sulfúrico	35 ° C	<b>3</b>

**Tabla 10** ■ Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad o pulverulencia

Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
3	100
2	10
1	1

ficie y baños electrolíticos más usuales (13). En esta referencia bibliográfica se pueden encontrar otros ejemplos.

A los gases, a los humos y a los líquidos o sólidos en suspensión líquida que se utilicen en operaciones de pulverización (*spraying*) se les atribuye siempre clase 3.

La clase de volatilidad o pulverulencia asignada a cada agente químico se puntúa siguiendo el criterio de la tabla 10.

## DETERMINACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Otro de los parámetros que hay que considerar en la evaluación es el procedimiento de utilización del agente químico. Se establecen cuatro clases de procedimiento: dispersivo, abierto, cerrado con aperturas regulares y cerrado permanentemente. En la figura 3 se dan algunos ejemplos de estos sistemas, el criterio para asignar la clase de procedimiento y su correspondiente puntuación.

## DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN COLECTIVA

En función de la protección colectiva utilizada se establecen cinco clases que se puntúan de acuerdo con lo indicado en la figura 4.

Comparando esta figura 4 con la original del INRS (1), se han introducido dos nuevos supuestos:

- Cuando el trabajo se realiza en un espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte

del trabajador, se utilizará una puntuación de 10. Es el caso de los trabajos realizados dentro de un depósito, como, por ejemplo, cuando se está recubriendo interiormente un depósito con una resina de estireno / fibra de vidrio y el trabajador, por tanto, tiene que meterse dentro del depósito para aplicarla.

- Si el trabajo se realiza a la intemperie, se utilizará una puntuación de 0,7.

## CORRECCIÓN EN FUNCIÓN DEL VLA

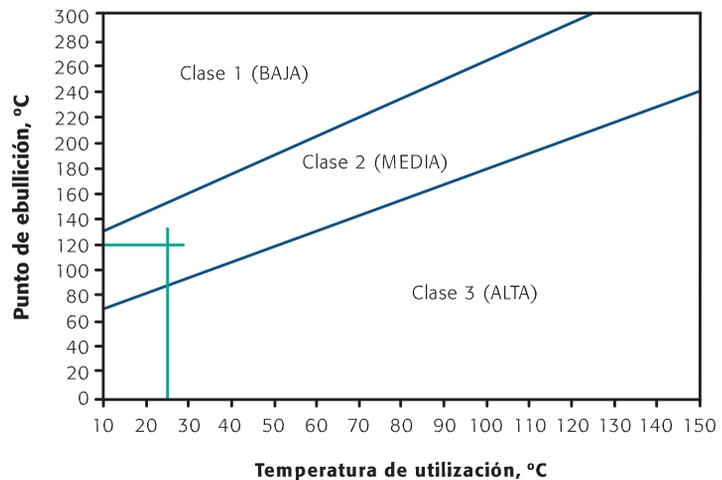
Según se ha indicado anteriormente, el procedimiento aplicado como se ha descrito hasta aquí, puede subestimar el riesgo cuando se aplica a sustancias que tienen un valor límite muy bajo, ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja. Por este motivo se hace necesario aplicar un factor de corrección, FC, en función de la magnitud del VLA, en mg/m<sup>3</sup>. En la tabla 11, se dan los valores de estos FC<sub>VLA</sub> en el caso de que el compuesto tenga VLA (9). Si el compuesto no tiene VLA, se considerará que el FC<sub>VLA</sub> es 1.

## CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN

Una vez que se han determinado las clases de riesgo potencial, de volatilidad, de procedimiento y de protección colectiva y que se han puntuado de acuerdo con los criterios anteriormente indicados, se calcula la puntuación del riesgo por inhalación (P<sub>inh</sub>) aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ potencial} \times P_{volatilidad} \times P_{procedimiento} \times P_{protec.\ colec.} \times FC_{VLA}$$

■ **Figura 2** ■ Establecimiento de las clases de volatilidad para líquidos



■ **Figura 3** ■ Determinación de la clase de procedimiento y puntuación para cada clase

Dispersivo	Abierto	Cerrado/ abierto regularmente	Cerrado permanente
<b>Ejemplos:</b> Pintura a pistola, taladro, muela, vaciado de sacos a mano, de cubos... Soldadura al arco... Limpieza con trapos. Máquinas portátiles (sierras, cepillos...)	<b>Ejemplos:</b> Conductos del reactor, mezcladores abiertos, pintura a brocha, a pincel, puesto de acondicionamiento (toneles, bidones...). Manejo y vigilancia de máquinas de impresión...	<b>Ejemplos:</b> Reactor cerrado con cargas regulares de agentes químicos, toma de muestras, máquina de desengrasar en fase líquida o de vapor...	<b>Ejemplos:</b> Reactor químico
<b>Clase 4</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 1</b>
<b>Puntuación de procedimiento</b>			
<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,05</b>	<b>0,001</b>

Fuente: INRS

Con esa puntuación se caracteriza el riesgo utilizando la tabla 12.

En el caso de riesgo moderado, se puede optar por:

- implantar las medidas de control adecuadas o corregir las existentes, y vol-

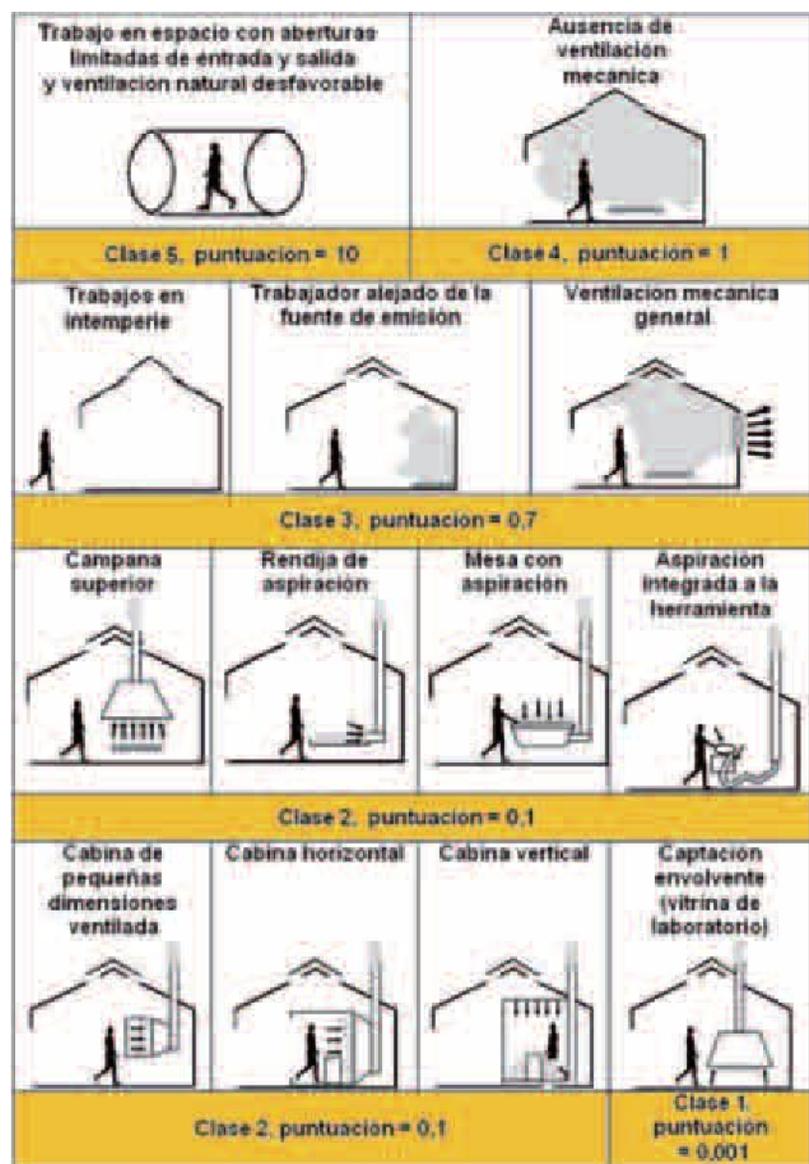
ver a aplicar este procedimiento para ver si se ha logrado reducir el riesgo, o bien

- continuar la evaluación de acuerdo con la Norma UNE-EN 689 (6), con la etapa de "Estudio Básico", para decidir si son necesarias medidas

**Tabla 11** Factores de corrección en función del VLA

VLA	FC <sub>VLA</sub>
VLA > 0,1	1
0,01 < VLA ≤ 0,1	10
0,001 < VLA ≤ 0,01	30
VLA ≤ 0,001	100

**Figura 4** Determinación de las clases de protección colectiva y puntuación para cada clase



adicionales y mediciones periódicas.

De cualquier forma, habrá que comprobar periódicamente el buen funcionamiento de las medidas de control.

## CONCLUSIONES

Las metodologías simplificadas de evaluación de riesgos suponen una ayuda importante a la hora de estudiar la exposición de los trabajadores y ofrecen la posibilidad de llegar a conclusiones de forma sencilla.

Sin embargo, han surgido distintos métodos para poder realizar esta evaluación. Algunos (como los del HSE (2, 3) y BAuA (4)) se utilizan para determinar el nivel de protección necesario y consideran muy pocas variables, lo que tiene como ventaja una aplicación muy sencilla, pero también muy limitada en el caso de que se pretenda usarlos como base para la toma de decisiones sobre si se supera o no el valor límite.

En nuestra opinión, el método que se presenta es una herramienta mucho más completa para evaluar la exposición por inhalación. En primer lugar tiene en cuenta variables que no se consideran en otros métodos y que influyen de manera determinante en la concentración de AQ que pueda alcanzarse en el aire, como son el procedimiento de trabajo y los sistemas de ventilación existentes. En segundo lugar, la corrección por VLA es, a nuestro juicio, muy importante ya que, al no considerarlo, se subestima el riesgo en el caso de sustancias con valor límite bajo, que son, en términos generales, sustancias muy tóxicas.

Este procedimiento no pretende terminar la evaluación de la exposición

**Tabla 12 ■ Caracterización del riesgo por inhalación**

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	<b>1</b>	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y ≤ 1.000	<b>2</b>	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤ 100	<b>3</b>	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

$$P_{inh} = P_{riesgo\ potencial} \times P_{volatilidad} \times P_{procedimiento} \times P_{protec.\ colec.} \times FC_{VLA}$$

por inhalación en todos los casos posibles sino detectar las situaciones en las que claramente la exposición va a ser superior al VLA y aquellas situaciones en las que la exposición es inferior al VLA.

Además, al ser un método semi-cuantitativo, la puntuación puede ayudar en la toma de decisiones. Por ejemplo: si un contaminante da como resultado prioridad 2 con una puntuación muy cercana a 100, puede ser rentable la toma de muestras porque hay posibilidades de estar por debajo del VLA; pero si, por el contrario, la puntuación fuera cercana a 1000, es muy improbable que esto suceda y puede decidirse tomar medidas correctoras inmediatas.

También es relativamente fácil saber cuáles han sido los motivos que llevan a una puntuación elevada, por lo que, en el caso de ser necesarias medidas correctoras, muchas veces bastará con saber qué variables han sido las determinantes para alcanzar la puntuación de riesgo, lo que ayuda en la toma de decisiones para im-

plantar medidas de protección colectiva, cambios en el procedimiento, etc. Para ello sería muy deseable disponer de una aplicación informática o simplemente una hoja de cálculo que permita variar estos parámetros para ver cómo afectarían al resultado final y así detectar dónde sería más eficaz intervenir. ●

## ■ Bibliografía ■

- (1) INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (INRS). Metodología simplificada del INRS. ND 2233-200-05 Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. Disponible en Web: <http://www.inrs.fr/>
- (2) HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). Control of substances hazardous to Health - COSHH Essentials. 2003. Disponible en Web: <http://www.coshh-essentials.org.uk>
- (3) HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). The technical basis for COSHH Essentials: Easy steps to control chemicals. 2009. Disponible en Web: <http://www.coshh-essentials.org.uk/assets/live/CETB.pdf>
- (4) BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN (BAuA). Easy-to-use Workplace Control Scheme for Hazardous Substances. 2006. Disponible en Web: [http://www.baua.de/n\\_18306/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/workplace-control-scheme.pdf](http://www.baua.de/n_18306/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/workplace-control-scheme.pdf)
- (5) Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- (6) Norma UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR 1996.
- (7) E. Sousa, C. Tanarro, M. Bernaola y J.N. Tejedor. "Aplicación de métodos simplificados de evaluación del riesgo químico con efectos para la salud". Seguridad y Salud en el Trabajo nº 50, 2008, p. 28-39.
- (8) Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- (9) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. (Publicación anual).
- (10) Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y 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.
- (11) Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, y modificaciones posteriores, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- (12) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición durante el trabajo a agentes cancerígenos o mutágenos.
- (13) Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales. ACGIH. Generalitat Valenciana. Conselleria de Treball i Afers Socials. Direcció General de Treball. 1992. ISBN 84-7890-818-8.