

EVALUACIÓN Y CONTROL DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A AGENTES NEUROTÓXICOS. DISOLVENTES INDUSTRIALES.

Núria Cavallé Oller

Ingeniera Química

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, Barcelona.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Resumen

Los disolventes son agentes de uso cuantitativo en la industria (sector químico, metalúrgico, limpieza, textil, etc.). Con carácter general, son lipofílicos y volátiles, lo que facilita su incorporación al organismo por las dos vías principales, la inhalatoria y la dérmica, y que sean capaces, por afinidad química, de atacar tejidos y órganos grasos como el sistema nervioso.

La higiene industrial es una disciplina no médica dirigida a evitar la aparición de enfermedades derivadas de la exposición laboral a agentes físicos, químicos o biológicos mediante la intervención sobre las condiciones de trabajo. Su esquema de actuación puede resumirse como: 1) la identificación de los agentes y su peligrosidad (neurotoxicidad); 2) la evaluación, normalmente por medición ambiental en el ambiente laboral y su comparación con los valores de referencia establecidos para tal fin; y 3) la aplicación de medidas de prevención y protección para reducir la exposición, priorizando la eliminación de los riesgos en origen, las medidas colectivas frente a las individuales y realizando el adecuado seguimiento a lo largo del tiempo. Finalmente, el control biológico y la vigilancia de la salud actúan de forma complementaria al esquema anterior, detectando aspectos que pudieran pasar inadvertidos por éste. En este trabajo se examinan algunos detalles de la prevención del riesgo por exposición a disolventes en el trabajo.

Summary

Solvents have a widespread use in the industry (chemical, metallurgical, cleaning, textiles, etc...). As a generic group, they can be defined as lipophilic and volatile agents, and therefore can be incorporated to the human body by the two main routes of exposure, inhalation and dermal. Moreover, due to their chemical affinity with fats and oils, they can react with fatty issues and affect organs such as the nervous system.

Industrial hygiene is a non-medical discipline aimed at preventing the occurrence of diseases caused by occupational exposure to physical, chemical or biological agents, by means of a change in the working conditions. The general scheme of action can be summarized as: 1) identification of the dangerous agents (neurotoxicants), 2) the evaluation, usually by airborne monitoring in the workplace and its comparison with the reference values established for that purpose, and 3) the implementation of preventive and protective measures to reduce exposure, giving priority to elimination of hazards at the source, and collective measures against individual measures, with the suitable right track over time. Finally, biological monitoring and health surveillance are shown as a complement to the above scheme, identifying aspects that may go unnoticed by it. Some options for evaluating and reducing the exposure to neurotoxic solvents are examined.

1. INTRODUCCIÓN

Los disolventes son agentes de elevado consumo en diversos sectores industriales. Desde el punto de vista operativo, se caracterizan por su capacidad de solubilizar distintas matrices o sustratos formando un líquido y por su elevada volatilidad, de forma que después de su uso son fácilmente eliminados (por ejemplo, en la disolución y arrastre de una mancha oleosa en una pieza metálica, y posterior eliminación del disolvente).

Esta última propiedad se convierte en indeseable cuando se considera la exposición laboral, puesto que una mayor volatilidad del agente químico significa una mayor concentración ambiental en el aire que lo rodea. Ello, unido a su toxicidad, distinta para cada agente según su estructura y reactividad químicas, hace que deban tomarse medidas de prevención para proteger la salud de los trabajadores que manipulan y usan disolventes.

Con los términos “disolventes industriales”, nos referimos en la inmensa mayoría de los casos a disolventes orgánicos, es decir, con átomos de carbono en su estructura química. Pueden existir también otros átomos como nitrógeno, azufre, oxígeno o halógenos. Los disolventes inorgánicos constituyen un grupo menos numeroso y menos tóxicos por lo general (aunque sí muy utilizado puesto que su principal representante es el agua, exenta de riesgo químico). Por estos motivos, se tratará en este trabajo solamente de disolventes orgánicos.

Los disolventes orgánicos son poco o nada polares (salvo alguna excepción como los alcoholes, medianamente polares). Ello los hace unos excelentes disolventes de grasas y aceites, ceras, gomas, caucho, etc., en virtud del principio “lo similar disuelve a lo similar” (*similia similibus solventur*) y muchas de sus múltiples aplicaciones industriales se basan precisamente en esta capacidad. Nuevamente a nivel de prevención de riesgos laborales, ello puede resultar perjudicial, tanto por el poder de traspasar la barrera dérmica, básicamente grasa, como por su avidez por dañar con el tejido graso (disolverlo, en definitiva), constitutivo de partes del sistema nervioso como el cerebro, y otros órganos como el hígado, la médula ósea y el propio tejido graso, donde pueden acumularse. En sus procesos de metabolización en el organismo pueden mostrar distintos grados de potencial neurotóxico ligados a su interacción química con la membrana de las células nerviosas, destacándose que algunos metabolitos presentan más elevada toxicidad que el propio disolvente (por ejemplo, 2,5-hexanodiona como metabolito del n-hexano, a la que se atribuye la elevada neurotoxicidad de éste).

Con carácter general, los disolventes pueden clasificarse según familias químicas y considerando su grado de uso en términos cuantitativos en: disolventes oxigenados (alcoholes, ésteres, cetonas, éteres, éteres glicólicos), hidrocarburos, diferenciándose entre los aromáticos y los alquílicos por sus distintas propiedades, disolventes halogenados, y finalmente otros disolventes no clasificables en ninguno de los anteriores grupos (nitrogenados, aminas, etc.).

Como se ha dicho anteriormente, la definición de disolvente es operativa. Cuando un agente polimeriza en una reacción química, no está actuando como disolvente. Aún así, desde el punto de vista de este trabajo es indiferente, puesto que el trabajador puede sufrir igualmente la exposición. Por ello, más adelante se ofrece una tabla con los monómeros más habituales junto a disolventes, indicando los sectores y tareas que pueden ser fuente de exposición.

2. USO DE DISOLVENTES EN ESPAÑA

En España no existe un registro oficial de datos de exposición laboral. Se dispone de datos dispersos, pocos de ellos publicados, aunque existen numerosos datos no publicados en poder de los servicios de prevención propios o ajenos, como responsables en nombre del empresario, de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores ante cualquier riesgo derivado del trabajo.

A falta de datos de exposición, existen otras fuentes de información que pueden actuar como sucedáneos. La encuesta de consumo industrial (publicada por el Instituto Nacional de Estadística) recoge las cantidades anuales de cada tipo de producto, entre ellos los productos químicos, aunque no ofrece datos con el nombre químico de la sustancia (sólo familias de productos) porque se encuentran protegidos por secreto estadístico. La Agencia Tributaria publica datos comerciales de importación y exportación, y sí es posible consultar compuestos específicos, entre ellos diversos disolventes por su amplio uso. También cabe mencionar estudios de tipo sectorial y estimaciones basadas en extrapolaciones sobre datos de otros países.

A lo largo de las dos últimas décadas, el consumo de disolventes ha descendido, en parte debido a algunas sustituciones exitosas por otros agentes menos agresivos para la salud o el medioambiente. También se ha observado un trasvase entre grupos, en concreto de los clorados (que previamente habían sustituido parcialmente a los aromáticos), hacia los oxigenados y los alcanos.

El marco europeo sobre comercialización de sustancias químicas ha cambiado recientemente, con la entrada en vigor del Reglamento europeo REACH. Se prevé que este reglamento impulse a los fabricantes e importadores a comercializar agentes químicos más seguros, fomentando su sustitución, además de prever una reevaluación rigurosa de muchas sustancias ya puestas en el mercado.

3. LA EXPOSICIÓN A DISOLVENTES EN LAS LISTAS DE ENFERMEDADES PROFESIONALES

Se estima que existe una importante infradeclaración de enfermedades profesionales en España, que se hace evidente cuando se comparan las estadísticas nacionales con las de otros estados miembros. De los datos disponibles, alrededor de un 80% son debidas a trastornos musculoesqueléticos y parálisis nerviosas por movimientos repetitivos u otros agentes físicos. Solamente alrededor de un 3% se identifican como causadas por agentes químicos, incluyendo todo tipo de efectos. A continuación se examina más detalladamente la lista española y las de otros países europeos, algunas de las cuales son más específicas en relación a las neuropatías tóxicas.

3.1 Cuadro de enfermedades profesionales en España (Real Decreto 1299/2006)

En 2006 fue actualizada la anterior lista de enfermedades profesionales que databa de 1978, con el objetivo de mejorar también el procedimiento notificación y comunicación. Dada la inespecificidad mencionada se muestra en la tabla 1 un barrido del listado completo de las enfermedades del grupo 1 (causadas por agentes químicos) para mostrar todas aquellas entradas que se refieren directamente a “disolventes” o al nombre de un compuesto que se sabe que se utiliza como disolvente. También se ha incluido la palabra “extracción” puesto que en toda extracción química de un agente está implícito el uso de un disolvente.

Puede observarse que numerosos códigos específicos de enfermedad profesional están relacionados con la exposición a disolventes, como grupo o como agente específico, aunque las estadísticas publicadas solo permiten consultar el número de patologías por las categorías más genéricas, es decir, raramente puede asociarse el número de enfermedades debidas a un disolvente concreto.

Tabla 1. Mención de los disolventes en distintos apartados del cuadro de enfermedades en España (Real Decreto 1299/2006).

Grupo 1. Enfermedades profesionales causadas por agentes químicos	Código y literal asignado
Aldehídos: acetaldehído, aldehído acrílico, aldehído benzoico, formaldehído y el glutaraldehído	1G0105 Utilización como disolventes
Hidrocarburos alifáticos saturados o no; cíclicos o no, constituyentes del éter, del petróleo y de la gasolina. Saturados: alcanos, parafinas.	1H0103 Utilización de los productos de destilación como disolventes, carburantes, combustibles y desengrasantes. 1H0104 El n-hexano se utiliza principalmente como disolvente (colas).
Preparación, manipulación y empleo de los hidrocarburos clorados y bromados de la serie alifática y de los productos que lo contengan	1H0201 Empleo como agentes de extracción y como disolventes.
Benceno. Fabricación, extracción, rectificación, empleo y manipulación del benceno	1K0101 Ocupaciones con exposición a benceno, por ejemplo, hornos de coque, uso de disolventes que contienen benceno.
Xileno, tolueno. Operaciones de producción transporte y utilización del tolueno y xileno y otros productos que los contienen	1K0303 Operaciones de disolución de resinas naturales o sintéticas para la preparación de colas, adhesivos, lacas, barnices, esmaltes, masillas, tintas, diluyentes de pinturas y productos de limpieza.
Vinilbenceno (estireno) y divinilbenceno	1K0403 Disolvente y aditivo en el carburante para aviones.
Derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos.	1K0501 Empleo como disolventes, pesticidas, herbicidas, insecticidas y fungicidas.
Nitroderivados de los hidrocarburos aromáticos: nitro-dinitrobenceno, dinitro-trinitrotolueno.	1K0601 Utilización como disolventes. 1U0111 Industria del caucho. Disolvente.
Cetonas	1L0102 Utilización como agentes de extracción, como materia prima o intermedia en numerosas síntesis orgánicas. 1L0103 Utilización como disolventes.
Epóxidos, óxido de etileno, tetrahidrofurano, furfural, epiclohidrina, guayacol, alcohol furfurílico, óxido de propileno.	1M0104 Utilización como disolventes.
Ésteres orgánicos y sus derivados halogenados	1N0115 Utilización como disolventes.
Éteres de glicol: metil cellosolve o metoxi-etanol, etil cellosolve, etoxietanol, etc., otros éteres no comprendidos en el apartado anterior: Éter metílico, etílico, isopropílico, vinílico, dicloro-isopropílico, etc.	1O0101 Disolventes y codisolventes de lacas, resinas, pigmentos, tintes, esmaltes, barnices, perfumes, aceites, acetato de celulosa y nitrato de celulosa.
Glicoles: etilenglicol, dietilenglicol, 1-4 butanediol así como los derivados nitrados de los glicoles y del glicerol.	1P0102 Utilización en la industria química como productos intermedios en numerosas síntesis orgánicas, como disolventes de lacas, resinas, barnices celulósicos de secado rápido, de ciertas pinturas, pigmentos, nitrocelulosa y acetatos de celulosa, tintes y plásticos.
Nitroderivados alifáticos, nitroalcanos	1R0101 Empleo como disolventes.
Órgano clorados (utilización de hexaclorobenceno:)	1S0202 procesos industriales de fabricación y combustión de compuestos clorados.

Grupo 1. Enfermedades profesionales causadas por agentes químicos	Código y literal asignado
	1S0203 como fungicida en el tratamiento de semillas y suelos.
	1S0204 como preservante de madera.
Sulfuro de carbono	1U0104 Empleo como disolvente de grasas, aceites, resinas, ceras, caucho, gutapercha y otras sustancias.
Fabricación, manipulación y empleo del sulfuro de carbono y de los productos que lo contengan	1U0109 Extracción de aceites volátiles de las flores.

3.2 Listas en otros países europeos

En el informe sobre enfermedades profesionales en Europa publicado en el año 2000 por la Comisión Europea se resumen los países que consideraban “Polineuropatías” y “Encefalopatía tóxica crónica” y qué mención con mayor o menor especificidad se hacía de los agentes causantes (tabla 2).

Tabla 2. Agentes y enfermedades neurológicas considerados por las distintas listas europeas de enfermedades profesionales.

	Agentes citados como causantes de Polineuropatías	Agentes citados como causantes de Encefalopatía Tóxica Crónica
España, Bélgica, Irlanda, Reino Unido, Italia*	-	-
Austria	Disolventes orgánicos	Disolventes orgánicos
Dinamarca	Hexano, metibutilcetona, fósforo, plomo	Mercurio, alcanos y derivados, monóxido de carbono, cianuros, ácido cianhídrico
Finlandia	36 agentes químicos, físicos, biológicos	36 agentes químicos, físicos, biológicos
Francia	Agentes de los 3 grandes grupos (físicos, químicos, biológicos)	-
Alemania	Disolventes orgánicos y sus mezclas	Disolventes orgánicos y sus mezclas
Luxemburgo	Disolventes orgánicos y sus mezclas	Disolventes orgánicos y sus mezclas
Holanda	Sin lista específica de agentes	Disolventes orgánicos (lista)
Polonia	Plomo, arsénico, sulfuro de carbono, hexano	-

**Estos países no consideran estas patologías específicamente.*

La generalidad del cuadro español de enfermedades profesionales permite notificar una patología como sospecha de tener un origen laboral si el trabajador ha estado en contacto con las sustancias o ha realizado las tareas mencionadas en ellas. En consecuencia, a pesar de que las

estadísticas no permitan consultar el código específico asignado, ello no es, a priori, un impedimento a la detección y notificación de la enfermedad. Es decir, es suficientemente inespecífica como para admitir la notificación de patologías sospechosas de ser debidas al trabajo aunque no estén mencionadas explícitamente.

4. USOS Y APLICACIONES: FUENTES DE EXPOSICIÓN

Los disolventes se usan en muchos sectores industriales, siendo los más importantes cuantitativamente el de las pinturas, tintas, industria química y farmacéutica, productos de limpieza, aditivos para la construcción, fabricación de accesorios para la industria del automóvil y fabricación de adhesivos. Asimismo, menos cuantitativo pero importante históricamente es su presencia en los sectores metalúrgico, textil y en los laboratorios, donde puede existir una amplia variedad, aunque en pequeñas o medianas cantidades.

A nivel epidemiológico existen casos tan relevantes como los del n-hexano (parálisis del calzado) y numerosa documentación relativa a casos de neurotoxicidad derivada del tolueno, xileno o estireno, monómero muy común en la industria del plástico y en la fabricación de la fibra de vidrio.

Si valoramos el uso histórico y su evolución, se destaca la irrupción de los disolventes clorados a partir principalmente de la década de los 60 y 70, como alternativa a los aromáticos, muy inflamables y que, por lo tanto, supuso una mejora en términos de seguridad (incendios) pero no en términos de salud, puesto que su toxicidad es muy elevada. En la actualidad existen iniciativas encaminadas a la sustitución de los clorados por otros disolventes de menor peligrosidad y su descenso ya ha sido observado.

En la tabla 3 se resumen los principales usos y aplicaciones de algunos disolventes con propiedades neurotóxicas.

Tabla 3. Usos y aplicaciones de los disolventes y monómeros más habituales

Disolvente	Origen de la exposición (operación)	Sector o actividad
Hidrocarburos clorados: Tricloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, tetracloroetileno	Desengrasado; galvanización; pintura; impresión; limpieza; anestesia general y ligera	Industria metalúrgica; industria gráfica; industria electrónica; limpiezas en seco; anestesiistas
Cloruro de metileno	Extracción, incluida la extracción de cafeína; decapante de pinturas	Industria alimentaria; pintores; industria gráfica
Cloruro de metilo	Producción y reparación de frigoríficos	Producción de frigoríficos; industria del caucho; industria de plásticos
Tolueno	Impresión; limpieza; desengrasado; galvanización; pintura; pintura con pistola	Industria gráfica; industria electrónica
Xileno	Impresión; síntesis de anhídrido ftálico; pinturas; técnicas histológicas	Industria gráfica; industria de los plásticos; laboratorios de histología
Estireno	Polimerización; moldeado	Industria de los plásticos; producción de fibra de vidrio
Hexacarbonos: n-hexano, MEK, MBK,	Encolado; impresión; revestimientos plásticos; pinturas; extracción	Industria del cuero y del calzado; industria gráfica; pintores; labs
Freón 113: (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano)	Producción y reparación de frigoríficos; limpieza en seco; desengrasado	Producción de frigoríficos; industria metalúrgica; industria electrónica; limpieza en seco
Dietiléter; halotano (2-Bromo-2-cloro-1,1,1-trifluoroetano)	Anestésicos generales (personal de enfermería; médicos)	Hospitales; clínicas
Disulfuro de carbono	Producción de caucho y rayón viscoso	Industrias de caucho y rayón viscosa
Mezclas: aguarrás y diluyentes	Pintura; desengrasante; limpieza; impresión; impregnación; tratamiento superficial	Industria metalúrgica; industria gráfica; industria de la madera; pintores
Acilamida (monómero)	Trabajadores expuestos al monómero	Producción de polímeros; túneles y perforaciones
Acilonitrilo (monómero)	Accidentes en laboratorios e industrias; fumigación de casas	Producción de polímeros y caucho; síntesis de productos químicos
Disulfuro de carbono (monómero)	Producción de caucho y rayón viscoso	Industrias de caucho y rayón viscosa
Estireno (monómero)	Producción de plásticos reforzados con vidrio; fabricación y transporte de monómeros; uso de resinas y baños que contienen estireno	Industrias químicas; producción de fibra de vidrio; industria de los polímeros
Viniltolueno (monómero)	Producción de resinas; compuestos insecticidas	Industrias de productos químicos y polímeros

5. ACTUACIÓN EN HIGIENE INDUSTRIAL FRENTE A LA EXPOSICIÓN A DISOLVENTES.

La higiene industrial se ocupa de las exposiciones crónicas sufridas por los trabajadores a lo largo de su vida laboral, que pueden suponer la aparición de enfermedades, en ocasiones con elevado tiempo de inducción y de latencia. La gravedad del daño (nivel de riesgo) dependerá del nivel de exposición al agente químico y de la peligrosidad intrínseca del mismo.

Para rebajar el nivel de riesgo de una exposición, pues, puede actuarse sobre:

- la peligrosidad (sustituirlo por otro no peligroso o menos peligroso, o por un proceso que no requiera el uso del agente),
- y/o sobre la exposición potencial, es decir, disminuir el nivel de concentración presente en el aire (medidas de contención, uso de cantidades menores, ventilación, etc) y/o reduciendo el tiempo de exposición.
- en último término, si no puede actuarse sobre los dos puntos anteriores, se utilizarán equipos de protección individual, que si bien no reducen la concentración en el medio ambiente laboral, si evitan el contacto con el disolvente, constituyendo una última barrera entre dicho ambiente y el trabajador.

Muchos disolventes muestran efectos neurotóxicos sobre el sistema nervioso central. En intoxicaciones agudas, los efectos son graduales según el nivel de exposición (cefaleas, cansancio, cambios de la conducta, efectos similares a la embriaguez, inconsciencia, coma). Los casos leves remiten al finalizar la exposición, mientras que las exposiciones elevadas pueden causar lesiones permanentes e incluso la muerte. En terminología de prevención de riesgos laboral se denominan comúnmente “narcóticos”.

La exposición prolongada y repetida a algunos disolventes suele causar cambios irreversibles para los que no se recupera la función normal como la encefalopatía crónica o el síndrome psicoorgánico debido a disolventes, reconocido como enfermedad profesional en algunos países como se ha mencionado en el apartado 3. Por otra parte, no debe olvidarse la posible existencia de individuos especialmente sensibles, para los cuáles, el control biológico y la vigilancia de la salud cobran una especial importancia.

En España, la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), regula el derecho de los trabajadores a disponer de unas condiciones de trabajo que no perjudiquen su seguridad o salud. Uno de los pilares sobre el que se asienta es la denominada evaluación de riesgos, previa al inicio del trabajo, y de cuyos resultados se derivan las medidas preventivas y condiciones que es necesario adoptar en cada puesto de trabajo en relación a cualquier tipo de riesgo existente (químico, ergonómico, psicosocial, de accidente, etc). Concretamente, en materia de agentes químicos la normativa de desarrollo de la LPRL es el Real Decreto 374/2011. Es de destacar también la obligación del empresario de formar e informar a los trabajadores, de una forma eficaz y específica para el puesto de trabajo, sobre los riesgos y las medidas adoptadas para evitarlos de forma que puedan desarrollar su actividad de forma segura y saludable en todo momento. Las deficiencias en estos últimos aspectos son responsables, de una forma significativa, de un elevado número de accidentes laborales.

La evaluación de riesgos consta de las etapas de 1) Identificación de los peligros (en este caso neurotoxicidad); 2) La evaluación, propiamente dicha; 3) La extracción de conclusiones acerca de las medidas preventivas que es necesario tomar.

5.1 Identificación

El punto de partida de cualquier evaluación es necesariamente la identificación de los peligros intrínsecos. En materia de neurotoxicidad asoma el primer problema puesto que no exis-

te en la legislación vigente (Real Decreto 363/1995) ni en la que está sustituyendo a ésta paulatinamente (Reglamento CLP), una identificación inequívoca de tal propiedad, como sí la hay para otras (irritantes, cancerígenos, sensibilizantes, etc). La etiqueta de los productos y su ficha de datos de seguridad son las fuentes de información inmediatas, a través de las denominadas frases R, que están siendo sustituidas por las frases H en virtud de un nuevo reglamento europeo, que conducirá a la armonización de las categorías de peligrosidad de las sustancias químicas en todo el mundo.

Examinados algunos de los disolventes de mayor uso con propiedades neurotóxicas, se observa que su etiquetado contiene las frases R y H que se muestran en tabla 4.

Tabla 4. Frases R y H asignadas a disolventes con propiedades neurotóxicas

Frases R	Indicaciones de peligro H
R20 Nocivo por inhalación	H332 Nocivo en caso de inhalación
R21 Nocivo en contacto con la piel	H312 Nocivo en contacto con la piel
R23 Tóxico por inhalación	H331 Tóxico en caso de inhalación
R24 Tóxico en contacto con la piel	H311 Tóxico en contacto con la piel
R36 Irrita los ojos	H319 Provoca irritación ocular grave
R37 Irrita las vías respiratorias	H335 Puede irritar las vías respiratorias
R38 Irrita la piel	H315 Provoca irritación cutánea
R48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada	-
R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo	H336 Puede provocar somnolencia o vértigo

Como puede observarse en esta tabla, solamente las frases R67 y su correspondiente H336 se refieren a un efecto neurotóxico. En el resto, la neurotoxicidad está incluida en propiedades como “nocivo”, “tóxico” o “efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada”.

Con el nuevo sistema de clasificación mencionado (CLP) se prevé realizar un paso adelante puesto que se añaden frases que indican toxicidad específica para determinados órganos (STOT; *specific target organ toxicity*). Concretamente H370, H371 (exposición única de primera y segunda categorías, respectivamente) y H372, H373 (exposiciones repetidas, de primera y segunda categorías, respectivamente), incluirán tras la frase genérica “Perjudica a determinados órganos” las siguientes informaciones cuando se disponga de ellas: (*indíquense los órganos afectados, si se conocen*); (*indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que el peligro no se produce por ninguna otra vía*).

El nuevo sistema de clasificación está vigente desde el 1 de enero de 2010 para sustancias, e irá siendo aplicado paulatinamente también para mezclas (compuestas por varias sustancias). En fecha 1 de junio de 2015 terminará el período de implementación, tras lo cual será la única normativa aplicable en materia de clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas.

Debido a las deficiencias detectadas en materia de clasificación, han surgido distintas iniciativas a nivel científico para clasificar la neurotoxicidad de las sustancias químicas. Carecen de validez legal pero constituyen propuestas interesantes además de ofrecer una buena revisión de la literatura.

Es de esperar que con la plena aplicación del nuevo sistema CLP se mejore la calidad de la información disponible en relación al potencial neurotóxico de las sustancias químicas, que se incluirá en la etiqueta y ficha de datos de seguridad, para la información de los trabajadores usuarios y de los responsables en la prevención de los riesgos laborales.

5.2 Evaluación

Con carácter general, de acuerdo con el anteriormente mencionado Real Decreto 374/2001, la evaluación del riesgo de exposición inhalatoria a disolventes se realiza por medición de la concentración de los agentes químicos en el aire, también denominado **control ambiental**, y su comparación con un criterio de valoración establecido. En España, se trata de los límites de exposición profesional (LEP), editados anualmente por el INSHT y consultables en <http://www.insht.es>. De forma simplificada, la superación del valor límite en valor ponderado a 8 horas de jornada laboral, supone un riesgo inaceptable. Asimismo existen también valores de corta duración que tampoco pueden superarse en ningún período de 15 minutos durante la jornada laboral. El control ambiental de la exposición a disolventes no presenta particularidades respecto a otros tipos de agentes químicos. Lo que sí hay que destacar, con carácter general, son las dificultades técnicas del proceso de medición de la concentración ambiental, teniendo en cuenta su variabilidad intradía, interdía, las variaciones ocasionales en las operaciones de trabajo, los errores de las distintas fases (muestro, toma de muestra, análisis), etc. Ello hace que normalmente sea necesario un número elevado de muestras para obtener un resultado representativo, lo cual puede significar una inversión de tiempo y costes importante. Por ello, sin dejar de lado que en ocasiones sí es necesaria una cuantificación de la concentración ambiental, en muchos otros casos la toma de medidas preventivas directamente (mediante estimaciones con pocas variables) constituye una actuación más eficaz. Es importante recordar en este punto que la evaluación de riesgos es solamente un medio para lograr una adecuada prevención de los riesgos, y no un fin en si misma.

Los LEP españoles advierten únicamente de la frase H del disolvente en relación a su peligrosidad. En otros países, existen organismos que incluyen el efecto crítico para el cual han sido asignados los valores. Tal es el caso, por ejemplo, de los valores TLV (Threshold Limit Value) publicados por la prestigiosa organización norteamericana ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*), que menciona específicamente el efecto “neurotoxicidad” y en algunos casos distingue entre “efectos sobre el sistema nervioso central” y “efectos sobre el sistema nervioso periférico”.

Los LEP indican también la posibilidad de penetración del agente por vía dérmica, algo muy habitual en el caso de los disolventes.

Es importante destacar que la coexistencia de varios disolventes en un puesto de trabajo es un hecho muy habitual en determinados sectores u operaciones. La exposición simultánea puede provocar interacciones que modifican el comportamiento toxicológico de cada componente, tanto a nivel toxicocinético (cambios en la absorción, distribución, transformación y excreción) como a nivel toxicodinámico (cambios en los efectos causados sobre el organismo) que tiene lugar en los receptores de los órganos diana. En este tipo de situaciones la exposición global se valora sumando las exposiciones individuales a cada uno de los agentes, de forma que la permisividad a cada exposición individual es menor. La información toxicológica sobre mezclas de disolventes escasa pese a ser muy prevalente en la industria. Por ello, desde un enfoque preventivo se consideran los efectos como aditivos, en ausencia de información que indique lo contrario. Cualquier situación que implique el uso de más de un disolvente debe ser tratada por los técnicos de prevención como una situación especial en que las acciones que se deriven de la evaluación vayan especialmente encaminadas a evitar o minimizar la exposición, puesto que así se reducen también las interacciones entre agentes y la magnitud de los efectos.

El **control biológico** de la exposición a disolventes actúa con carácter complementario al control ambiental. Puede definirse como la evaluación de la exposición total a sustancias químicas presentes en el entorno de trabajo, a través de un indicador en las muestras biológicas tomadas al trabajador en un momento determinado. Permite considerar exposiciones extralaborales a disolventes, exposiciones por otras vías distintas de la inhalatoria (siendo la dérmica la principal), en algunos casos las interacciones entre disolventes y quizás la más importante, la susceptibilidad individual que puede presentar un trabajador que hace que se observen cambios en sus indicadores biológicos que difieren de los que se obtendrían sobre el promedio de trabajadores.

La exposición laboral a disolventes orgánicos puede ser monitorizada midiendo el nivel del disolvente o de sus metabolitos en matrices orgánicas, habitualmente en orina. También puede incluir estimaciones del compuesto en aire exhalado o en sangre, pero tales pruebas suelen comportar problemas para su utilización y están poco extendidas. Algunos disolventes sólo presentan niveles medibles en el aire exhalado. Para los disolventes de excreción lenta, como el percloroetileno o el tricloroetano, se propone el análisis de sangre como alternativa al aire exhalado.

La interpretación de sus resultados debe considerar el tiempo transcurrido desde la exposición, la distribución del disolvente o sus metabolitos en el organismo y sus velocidades de eliminación y las posibles interacciones (no sólo con otros disolventes utilizados en el trabajo sino también con el consumo de alcohol, por ejemplo).

Muchos disolventes disponen de un buen control biológico y por lo tanto tienen establecido un valor límite biológico. En España, estos valores VLB se publican junto a los valores ambientales LEP, indicándose los requisitos de toma de muestra necesarios en cada caso.

En los casos en que la patología ya se ha manifestado, o en estudios epidemiológicos retrospectivos, no es posible aplicar el control ambiental o el control biológico puesto que se trata de reconstruir una exposición que tuvo lugar anteriormente. En tales situaciones se recurre a técnicas como:

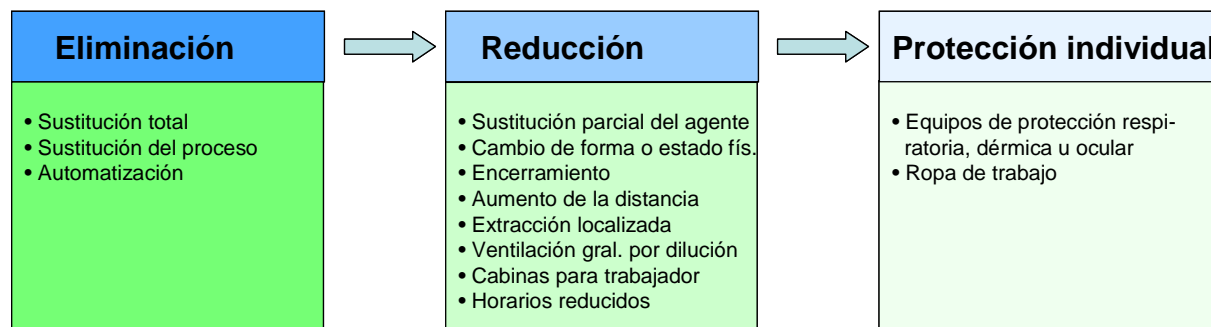
- La consulta de registros de exposición del período en que tuvo lugar la exposición
- La evaluación por matrices de empleo-exposición, que no son más que bases de datos genéricas que recogen de fuentes bibliográficas y experimentales, los niveles de exposición a disolventes en los distintos códigos de ocupación o de sector económico mediante cruce con la información que contienen. Ello permite tener estimaciones retrospectivas sobre la exposición. Algunas constituyen fuentes de información general rigurosas publicadas en la literatura (ver bibliografía).
- El juicio por expertos, que se basa en un proceso similar al anterior pero en el que cada ocupación es estudiada individualmente por conocedores de las condiciones de trabajo del período temporal y la zona geográfica, por lo que la estimación puede ser algo más ajustada, pero también mucho más costosa.

5.3 Control de la exposición

Para eliminar o reducir la exposición a agentes químicos en general y a disolventes en particular, es prioritario implantar **medidas de protección colectiva** (ventilación, confinamiento, cambio de temperatura, etc) frente a medidas de protección individual (mascarillas, máscaras, trajes integrales, respiradores autónomos, etc). En cualquier caso, la primera cuestión a plantear debe ser la posibilidad de sustituir el disolvente por otro menos peligroso o incluso valorar la posibilidad de realizar la tarea sin el uso del disolvente (por ejemplo, pegado mecánico o a presión en lugar de pegado químico). Para disolventes que, además de sus propiedades neurotóxicas, estén clasificados como cancerígenos o mutágenos, la sustitución es un

imperativo legal establecido en el Real Decreto 665/1997. Actualmente existen muchas fuentes de información disponibles *on-line* (ver bibliografía) para la búsqueda de sustancias alternativas, debidamente contrastadas y valoradas. La herramienta INFOCARQUIM reúne las soluciones identificadas por diversas fuentes convenientemente referenciadas, y está disponible en la página web del INSHT.

Figura 1. Niveles priorizados de intervención para la prevención de la exposición a agentes químicos



La ventilación por extracción localizada adquiere una especial importancia en el control de la exposición a disolventes puesto que se trata de agentes muy volátiles cuyos vapores son arrastrados fácilmente, y por lo tanto con pocos requerimientos del sistema siempre que la aspiración se realice a la distancia adecuada (la menor posible sin dificultar la tarea). El estudio de diversos episodios de intoxicaciones por disolventes acontecidos en España hasta el final de la década de los 90, muestran que los defectos en ventilación general del local o nave (necesaria en cualquier puesto de trabajo pero normalmente insuficiente cuando se manipulan agentes de media o alta toxicidad) y la inexistencia de equipos de ventilación por extracción localizada son factores comunes que se repiten en todos ellos. También la manipulación inadecuada del disolvente de acuerdo con la información suministrada por el fabricante, la inexistencia de dicha información que el fabricante está obligado a incluir en la etiqueta y especialmente en la ficha de datos de seguridad, y la falta de información y formación de los trabajadores son factores de riesgo identificados.

El uso de **equipos de protección individual** (EPI) para los trabajadores debería estar ceñido a los siguientes casos:

- provisionalmente: las medidas adecuadas no pueden adoptarse inmediatamente
- en operaciones puntuales o situaciones eventuales que no justifiquen la implantación de medidas permanentes (cuando se asegure un nivel de protección equivalente al que proporcionarían las medidas a las que sustituye)
- en emergencias, rescates o autosalvamento
- las medidas colectivas son insuficientes o inviables técnicamente

Aún en la actualidad se estima un excesivo uso de equipos de protección individual en los puestos de trabajo, en detrimento de la protección colectiva. Hay que considerar que un equipo de protección individual aporta una incomodidad no despreciable a la tarea, lo que hace desprenderse de ellos en aún siendo necesarios, además de depender su eficacia del buen estado de los filtros (no colmatados) y de su correcto ajuste al trabajador.

Los filtros siguen un código de colores para los distintos tipos contaminantes para los que protegen, según el que corresponde marrón para la protección contra disolventes.

6. CONCLUSIONES

Los principales factores de riesgo para la exposición a disolventes en el trabajo son, en el plano organizativo, la falta de formación e información suministrada a los trabajadores y las posibles malas prácticas que se derivan de ello así como el excesivo peso que se da al uso de EPI frente a medidas colectivas y el inadecuado uso que puede hacerse de ellos. Desde el punto de vista técnico, se destacan las deficiencias en ventilación y la existencia de procesos muy dispersivos sin el suficiente confinamiento. En los casos examinados hasta la década de los 90 también la precariedad laboral, incluyendo largas jornadas de trabajo, fueron determinantes.

Actualmente existen distintas iniciativas a nivel europeo e internacional para sustituir las sustancias más peligrosas (entre ellas, los neurotóxicos) por otras que entrañen menor peligro. Se prevé que el reglamento europeo REACH impulse a los fabricantes e importadores a comercializar agentes químicos más seguros, además de prever una reevaluación rigurosa de muchas sustancias ya puestas en el mercado.

Para una mejor detección de las enfermedades debidas a la exposición a disolventes es necesaria una buena recogida de información sobre la historia laboral de los pacientes y la existencia de herramientas de consulta relacionando la ocupación y la exposición. Para ello, sería de utilidad disponer de registros de exposición real que permitieran acercarse lo máximo posible a la realidad la información que ofrecerían dichas fuentes.

BIBLIOGRAFÍA

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLV Valores límite para sustancias químicas y agentes físicos en el ambiente de trabajo e Índices biológicos de exposición. Generalitat Valenciana (versión autorizada en castellano), 2011.

Agencia tributaria. Base de datos de comercio exterior. Cámaras. Consultable en: <http://aduanas.camaras.org/>

Armstrong, S.R., Green, I. C. Chlorinated hydrocarbon solvents. Clin Occup Environ Med, 2004, 43, 481- 496.

Cleantool, Base de datos consultable en: <http://cleantool.org/?lang=es>

DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung). Occupational Disease Report 2/2007e. **Occupational Disease No. 1317**. Polyneuropathy or encephalopathy caused by organic solvents, in isolation or in mixtures. Julio 2010.

Dick, F. Solvent neurotoxicity. Occup Environ Med, 2006, 633, 221- 226.

Dosemeci M. et al. Effects of Three Features of a Job-Exposure Matrix on Risk Estimates. Epidemiology 5(1), 124-127, 1994.

European Chlorinated Solvent Association (no publicado): <http://eurochlor.clients.cwndesign.co.uk/upload/documents/document131.pdf>

European Occupational Diseases Statistics (EODS). Population and social conditions 3/2000/E/nº19. European Commission, 2000.

García AM, Galarzo MC, Alba MA, Gordo J, van der Haar R, Briceño F, et al. Proyecto Mat-EmEsp: matrices empleo-exposición para trabajadores españoles. Seguridad y medio ambiente, 2011;123:22-34.

Gérin, M. Solvants industriels. Santé, sécurité, substitution. Ed. Masson, Paris, 2002.

Gomez M.R. et al. Occupational Exposure to Chlorinated Aliphatic Hydrocarbons: Job Exposure Matrix. Am J Ind Med 26:171-183 (1994).

Ihrig, a. Et al. Evaluation of a modified german version of the Q16 questionnaire for neurotoxic symptoms in workers exposed to solvents. Occup environ med, 2001, 581, 19-23.

Ikeda, M. Disolventes orgánicos (Capítulo Control Biológico). Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Organización Internacional del Trabajo, 1998.

Infocarquim, Base de datos consultable en: <http://infocarquim.insht.es:86>

INSHT. Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España, 2012. Consultable en: <http://www.insht.es>

Institut National de Recherche et Sécurité. Panorama de l'utilisation des solvants en France en 2004. Hygiène et sécurité du travail – Cahiers de notes documentaires, 2230. INRS, 2005.

Instituto Nacional de Estadística (PRODCOM). Encuesta Industrial de Productos. Consultable en: http://www.ine.es/eip09/eip_entrada

Int Arch Occup Environ Health (2006) 79: 558–567. Hajime Samoto, Yoshinari Fukui, Hirohiko Ukai, Satoru Okamoto, Shiro Takada, Fumiko OACI, Jiro Moriguchi, Takafumi Ezaki, Masayuki Ikeda. Field survey on types of organic solvents used in enterprises of various sizes.

Kogevinas M, Maqueda J, De la Orden V, Fernández F, Kauppinen T, Benavides FG. Exposición a carcinógenos laborales en España: aplicación de la base de datos CAREX. Arch Prev Riesgos Labor. 2000;3(4):153-159.

Ley 31/1995 de 8.11. Ley de prevención de riesgos laborales, y sus modificaciones. BOE 10.11.1995.

Mignot, g. et al. Évaluation du risque solvant: formation-action en entreprise. Camp, 2010, 2, 1-15.

Peter Arlien-Søborg, P. Simonsen, L. Agentes químicos neurotóxicos (Capítulo Sistema nervioso). Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo.. Organización Internacional del Trabajo, 1998.

Poirot, P., Hubert-Pelle, G. Profils d'exposition aux solvants et comparaison aux valeurs limites de courte durée ND 2235. Hyg Séc Trav Cahiers Notes Doc, 2005, 200, 83- 93.

Real Decreto 363/1995 de 10.3. Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y sus modificaciones y adaptaciones al progreso técnico. BOE de 5.6.1995.

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. BOE nº 104 de 1-5-2001.

Real Decreto 665/1997 (modificado por Real Decreto 1124/2000 y Real Decreto 349/2003), de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. BOE nº 124 de 24-5-1995.

Real Decreto 1299/2006 de 10 de noviembre por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. BOE 19.12.2006.

Regidor, L; Solans, X. Nota Técnica de Prevención 487. Neurotoxicidad: agentes neurotóxicos. INSHT, 1998.

REGLAMENTO (CE) nº 1278/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP). DOUE L 353 de 31-12-2008.

REGLAMENTO (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH). DOUE L 396 de 30-12-2006.

Romano, D. et al. Utilización de compuestos orgánicos volátiles (COV) como disolventes en empresas españolas. Arch Prev Riesgos Labor 2011; 14(1): 28-37.

Vela, M.M., Laborda R., García, A.M. Neurotóxicos en el ambiente laboral: criterios de clasificación y listado provisional. Arch Prev Riesgos Labor 2003; 6 (1): 17 – 25.

Winder, C., Stacey, N. Occupational toxicology 2nd ed. CRC Press, 2004.