

Tricloroetileno

FICHAS DE AYUDA PARA LA SUSTITUCIÓN: La sustitución como medida más efectiva

La sustitución de los agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos es la medida preventiva prioritaria y más efectiva frente a los riesgos derivados de la exposición a dichos agentes en el trabajo. En la Ficha n° 00 (Aspectos generales) de esta colección técnica, puede consultarse información general, procedimientos y herramientas de ayuda para la sustitución.

Asimismo, en la Ficha n° 12 Tricloroetileno (en adelante, TCE), de la colección *"Agentes Cancerígenos en el Trabajo: Conocer para prevenir"*, se facilita información general sobre el agente y dónde se puede encontrar; los principales efectos para la salud; profesiones o sectores industriales donde puede haber exposición y niveles medios de exposición cuando existen estudios sobre ello; información sobre evaluación y control de la exposición, vigilancia de la salud, así como otras medidas preventivas.

En la presente colección se resume aquella información relativa a los aspectos anteriores, con carácter no exhaustivo, y que pueda tener mayor impacto en la sustitución del agente, aportándose referencias de opciones y buenas prácticas para su sustitución en aquellos sectores identificados con mayor exposición.

Principales características y efectos en la salud

El TCE es un hidrocarburo halogenado, líquido sintético, incoloro, volátil, de olor dulce y presenta una solubilidad media-baja en agua.

El TCE está clasificado como cancerígeno de categoría 1B según la clasificación armonizada del Reglamento (CE) n° 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (en adelante, Reglamento CLP), por lo que se supone que es carcinógeno para el ser humano "en base a la existencia de pruebas en animales" [1]. A este respecto, los efectos más destacados derivados de la exposición a este son las neoplasias malignas de riñón (excepto pelvis renal); hígado y vías biliares intrahepáticas; bronquio y pulmón [2], [3].

Además, está clasificado como mutágeno de categoría 2, siendo por tanto una sustancia motivo de preocupación por su capacidad para inducir mutaciones hereditarias en las células germinales humanas.

ÍNDICE

**Principales características
y efectos en la salud**

Referencias normativas

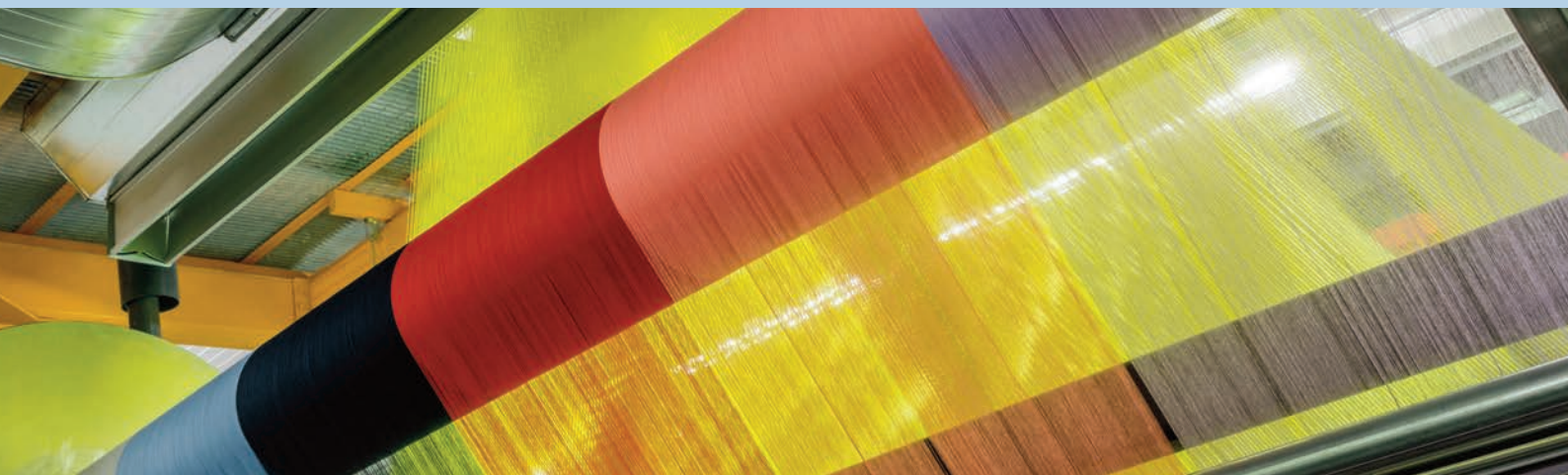
Usos frecuentes

**Fuentes y sectores
principales de exposición**

**Algunas alternativas de
sustitución**

Referencias bibliográficas





Ante exposiciones crónicas, puede además afectar al sistema nervioso central, hígado, riñones y sistema inmunitario. Asimismo, el contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.

En caso de exposiciones agudas, puede tener efectos en el sistema nervioso central, hígado y riñones, así como irritar los ojos, piel y tracto respiratorio. En caso de ingestión, la sustancia puede causar vómitos, lo que puede provocar neumonía por aspiración.

La principal vía de entrada al organismo es la inhalatoria, pero también hay que considerar las vías digestiva y dérmica, pudiendo esta última suponer una contribución importante a la carga corporal total.

Referencias normativas

Son de aplicación los valores límite de exposición profesional establecidos en el Anexo III del *Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo*.

De otro lado, El TCE se encuentra en el anexo XIV (lista de sustancias sujetas a autorización) del Reglamento (CE) n° 1907/2006, sobre Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y mezclas químicas [4] (en adelante, Reglamento REACH), por lo que su comercialización o utilización requiere una autorización previa de la Comisión Europea. Asimismo, dada su clasificación como cancerígeno C1B, dicho Reglamento (anexo XVII) establece que no podrá comercializarse ni utilizarse como sustancia, como componente de otras sustancias, o en mezclas, para su venta al público en general cuando la concentración individual en la sustancia o la mezcla sea superior o igual a 0,1%, salvo en ciertos usos especificados.

Por otra parte, el TCE está incluido en la "Lista de sustancias prohibidas en productos cosméticos" según el Reglamento (CE) N° 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, sobre los productos cosméticos.

El tricloroetileno aparece señalado en el documento de los "*Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*" con la notación "vía dérmica". Esta llamada advierte, por una parte, de que la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global y, por otra, de la necesidad de adoptar medidas para prevenir la absorción dérmica.





Debe considerarse, además, que el TCE es un compuesto orgánico volátil (en adelante, COV). Estando la presencia de los COV influenciada en gran medida por actividades en las que se empleen disolventes orgánicos, es prescriptiva la aplicación del Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.

Con base en este, las sustancias o mezclas que, debido a su contenido en COV, estén clasificadas como carcinógenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción, deberán ser sustituidas en la medida en que sea técnicamente posible, por sustancias y mezclas menos perjudiciales. Además, el Real Decreto 227/2006, de 24 de febrero, por el que se complementa el régimen jurídico sobre la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en determinadas pinturas y barnices y en productos de renovación del acabado de vehículos, limita las emisiones de COV en determinadas pinturas y barnices y en productos de renovación del acabado de vehículos.

Asimismo, el Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, cubre las actividades industriales de diferentes sectores, los cuales deberán prevenir y reducir la contaminación (entre ella la asociada a los compuestos orgánicos volátiles), mediante la aplicación de las mejores técnicas disponibles (MTD).



Usos frecuentes

En el ámbito del Espacio Económico Europeo, la producción y/o importación del TCE se estima actualmente en cantidades iguales o superiores a 10.000 toneladas anuales [5].

La síntesis del TCE puede realizarse a partir de distintos procesos químicos, siendo en la actualidad la cloración de etileno uno de los más habituales.

El TCE se ha usado como disolvente industrial, principalmente para eliminar la grasa de las piezas metálicas durante la fabricación de una variedad de productos; como disolvente para extraer grasas, aceites, ceras y alquitranes; así como en la industria textil como quitamanchas y disolvente para la limpieza en seco.





También se ha utilizado en ciertos productos, como adhesivos, líquidos correctores, pintura, barnices, lubricantes, y quitamanchas.

Además, se ha empleado como sustancia intermedia para la fabricación de refrigerantes y otras sustancias químicas. A continuación, se presentan algunas de estas sustancias, a modo de listado no exhaustivo:

- Sustitutos de los refrigerantes clorofluorocarbonos (CFC), dada su elevada afectación en la capa de ozono. Entre dichos sustitutos, destacan los hidrofluorocarbonos (HFC). Así, por ejemplo, el 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (HFC-134a), sintetizado a partir del TCE y cuya aplicación más importante se ha centrado en los equipos de refrigeración de uso doméstico e industrial, así como en el aire acondicionado de los automóviles.
- Retardantes de llama, los cuales son agregados a materiales inflamables (por ejemplo, plásticos, textiles, espumas y productos electrónicos) para aumentar su resistencia a la ignición y retrasar la propagación del fuego.
- Cloruro de polivinilo (PVC), donde el TCE ha sido utilizado como agente de transferencia de cadena, controlando así el peso molecular del polímero.

Se ha producido una reducción muy significativa en los usos del TCE sujetos a autorización, en torno a un 95% desde el 2010, año en que fue incluido en la Lista de sustancias candidatas sujetas a autorización (anexo XIV del Reglamento REACH) [6].

En la actualidad, las aplicaciones principales del TCE en el ámbito de la UE corresponden a su utilización como intermedio en la fabricación de otras sustancias químicas, así como a los usos solicitados que se encuentran actualmente autorizados por la Comisión Europea bajo ciertas condiciones, entre las que se encuentran, a modo de referencia, las siguientes [6],[8]:

- Disolvente para la recuperación de resinas utilizadas en el teñido de textiles.
- Disolvente desengrasante de láminas separadoras de polietileno para la fabricación de baterías de plomo-ácido.
- Disolvente de extracción de betún en el análisis de asfaltos.
- Disolvente en el proceso de fabricación de material sintético compuesto de 70% poliéster (tereftalato de polietileno) y 30% poliuretano.



El período de latencia entre la exposición al tricloroetileno y la detección del cáncer relacionado con la misma puede variar entre 18 y 34 años [9].



- Disolvente en procesos de fabricación y purificación de caprolactama (intermedio utilizado principalmente para la síntesis de nylon).
- Coadyuvante en la producción de betaciclodextrina a partir del almidón, la cual dispone de aplicaciones en varios sectores, tal como el farmacéutico.

Fuentes y sectores principales de exposición

El TCE no se genera de forma natural en el medio ambiente, debiéndose su presencia en el mismo principalmente a fuentes antropogénicas, como consecuencia de su fabricación y uso.

En cuanto a la exposición en el ámbito laboral, si bien su uso se ha reducido de manera notable, tradicionalmente han sido numerosos los sectores y actividades donde ha sido utilizado el TCE: limpieza en seco y teñido de textiles; industrias aeronáutica, química y del automóvil; sector sanitario; industria del papel y actividades de impresión; instalación de fluidos refrigerantes; industria siderúrgica; así como en la fabricación de productos como textiles y cuero, maquinaria y equipos, componentes electrónicos y accesorios, productos químicos agrícolas, adhesivos, pinturas y barnices, etc. [7].

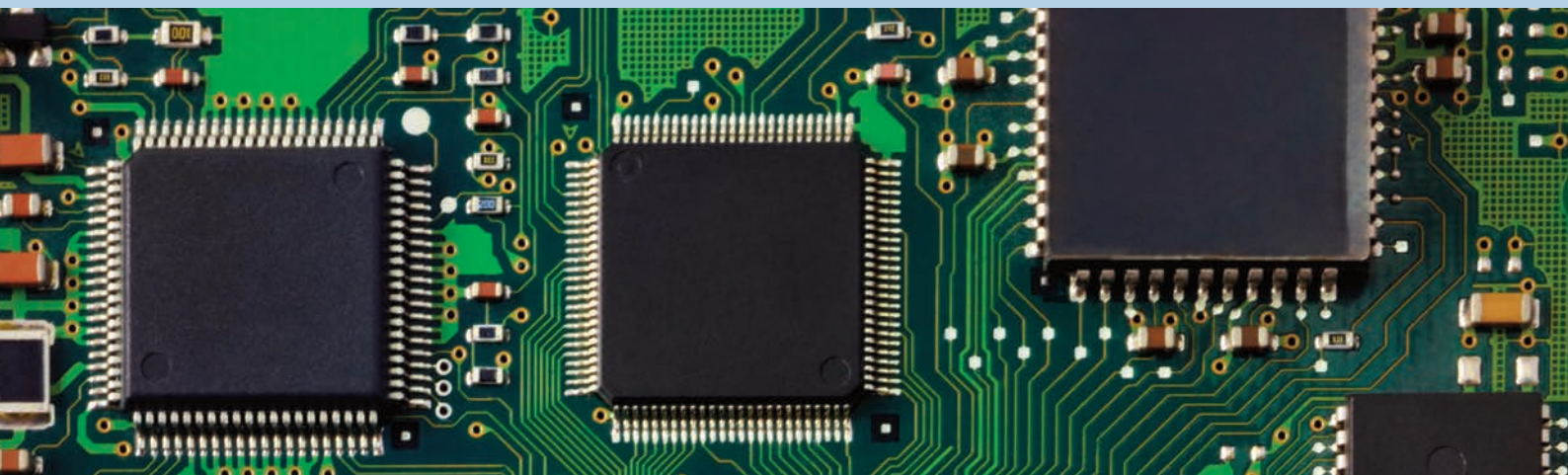
Asimismo, ciertos equipos electrónicos presentes en los ambientes de oficina pueden ser fuentes potenciales de emisión de COV, como el TCE [10].

Según la Encuesta sobre la exposición de las personas trabajadoras a factores de riesgo de cáncer en Europa 2023, la exposición profesional a TCE se identifica como el decimoctavo factor de riesgo de cáncer con mayor frecuencia de los veinticuatro factores de riesgo de cáncer considerados en dicha encuesta [11].

Algunas alternativas de sustitución

Actualmente, el TCE sigue utilizándose, aunque en menor medida en los últimos años, por lo que es necesario seguir progresando en su reemplazo por otros agentes de menor peligrosidad para la salud. En cualquier caso, la sustitución deberá contemplar la valoración global previa de los riesgos de toda índole, incluidos los derivados de cambios en el proceso.





- **Sectores con uso de disolventes para limpieza industrial de piezas metálicas, componentes eléctricos y electrónicos (algunos ejemplos se dan en las divisiones de CNAE¹ 18; 24; 26; 27; 28, 29, 303)**

Los procesos de limpieza o desengrase de piezas metálicas y componentes electrónicos se desarrollan en una amplia gama de sectores industriales, así, por ejemplo, en las industrias siderúrgica, electrónica y del automóvil; artes gráficas, sector aeroespacial, fabricación de piezas metálicas, maquinaria y equipos, etc.

Con base en los plazos requeridos para la autorización de esta sustancia que marca el Reglamento REACH, y dado que no se han recibido por parte de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (European Chemicals Agency, en adelante, ECHA), solicitudes para la renovación de autorización después del año 2020, el uso legal de TCE para la limpieza de piezas metálicas en la UE ha finalizado [6].

Entre las sustancias y procesos alternativos a la utilización de TCE como disolvente para dichos procesos aplicados tanto en frío como con vapor, se han desarrollado diferentes opciones y herramientas para su identificación, algunas de las cuales se indican a continuación, a modo de listado no exhaustivo [12], [13], [14]:

- **Base de datos del INSST “Desengrase de superficies metálicas”.** Esta base de datos ofrece información sobre los diferentes procesos de desengrase, las disoluciones y sustancias químicas empleadas y las características toxicológicas de las mismas. Asimismo, pretende orientar en la búsqueda de alternativas.

Consta de cuatro entradas que ofrecen la siguiente información:

- Procesos: información técnica de los diferentes procesos de desengrase.
- Disoluciones: información específica de las disoluciones que se pueden encontrar en los procesos de desengrase.
- Sustancias químicas: información específica de las sustancias presentes en las disoluciones de desengrase.
- Evaluaciones en empresas: datos obtenidos de la visita a varias empresas que utilizan hidrocarburos clorados en sus procesos de desengrase.



¹ Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE-2009).



- Desengrase acuoso alcalino, en el cual se utilizan soluciones alcalinas en base acuosa aplicadas mediante diferentes procesos, entre los que se incluyen la inmersión con agitación por ultrasonidos; desengrase por spray en túneles de tratamiento; inmersión con potencial eléctrico (desengrase electrolítico), etc. [14].
- Disoluciones enzimático-microbianas, consistentes en mezclas de surfactantes y microorganismos que tienen la capacidad de descomponer la grasa y el aceite. En primer lugar, los surfactantes actúan desprendiendo los contaminantes adheridos a la superficie y los emulsionan. Posteriormente, los microorganismos segregan enzimas que disocian las moléculas de los hidrocarburos presentes, las cuales actúan como fuente de nutrientes, promoviendo el crecimiento y actividad de dichos microorganismos.

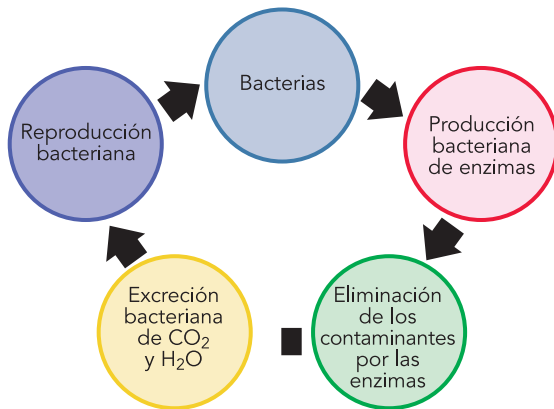
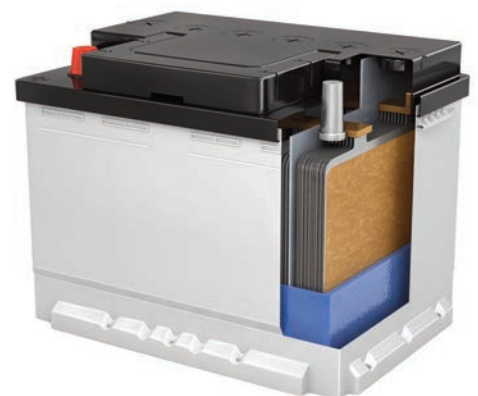


Figura 1. Diagrama esquemático de ciclo de vida de limpieza enzimático-bacteriano. Extraído y traducido de referencia [15]

La Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo, elaborada por el INSST, en sus comentarios al artículo 1.2 del Real Decreto 665/1997, señala que el ámbito de aplicación del mismo se condiciona a la exposición al agente cancerígeno o mutágeno como consecuencia de su trabajo, es decir, tanto si la exposición está originada por la actividad desarrollada por la propia persona trabajadora, como si es consecuencia del diseño, instalación o mantenimiento de los locales o espacios en los que la persona deba permanecer o a los que tenga que acceder en razón de su trabajo.

En este tipo de sistemas de limpieza resulta especialmente relevante la adecuada evaluación y prevención de los riesgos asociados a la exposición a agentes biológicos, a fin de evitar que el proceso de sustitución suponga la introducción de nuevos riesgos no contemplados.

- Otros disolventes de menor peligrosidad para la salud. Así, por ejemplo, los derivados de terpenos, los cuales son compuestos orgánicos naturales que se encuentran en los aceites esenciales de diversas plantas. Algunos de estos compuestos pueden ser inflamables, por lo que, en tal caso, se debe evitar su uso en procesos de desengrase con aporte de calor [13].
- Limpieza ultrasónica, consistente en la aplicación de ondas sonoras de alta frecuencia a la solución en las que se encuentran inmersas las piezas. Dichas ondas producen cavitación, fenómeno por el cual se producen pequeñas burbujas en el líquido, que colapsan, generándose energía que impacta sobre la suciedad o grasa adherida en la superficie de las piezas.





- Utilización de dióxido de carbono en estado supercrítico y líquido, que le dota de propiedades de disolución, así como viscosidad y capacidad de difusión propia de un gas, por el cual dispone de un alto grado de penetración en cavidades de pequeño tamaño y capacidad, por tanto, para dispersar los contaminantes disueltos [13], [17].
- Tecnología de limpieza por láser, por la cual, sobre la superficie de la pieza de trabajo se aplican pulsos cortos de radiación láser de alta potencia, despegando o vaporizando las capas delgadas de contaminantes mediante efectos térmicos y de vibración. Con objeto de evitar que los vapores generados sean condensados de nuevo, son arrastrados por un flujo de gas inerte.

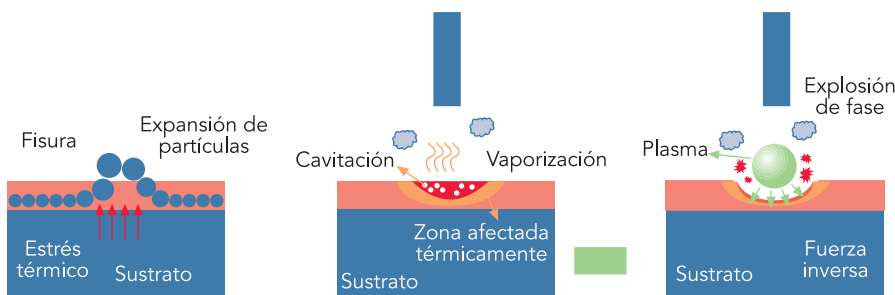


Figura 2. Diagrama esquemático de mecanismo de limpieza mediante láser. Extraído y traducido de referencia [24]

- Sistema de limpieza por plasma, consistente en generar un gas ionizado que produce especies reactivas (iones y radicales), las cuales pueden descomponer los contaminantes en moléculas más simples, que son volátiles y pueden ser eliminadas con facilidad.
- Soldadura en atmósfera controlada, mediante el uso de gases inertes como nitrógeno o argón, con objeto de evitar la oxidación de componentes metálicos durante la soldadura, y reduciendo, por tanto, la necesidad de limpieza posterior. Resulta especialmente aplicable en uniones de soldadura que requieren una alta integridad y fiabilidad, como, por ejemplo, en la fabricación de ciertos componentes electrónicos.

Finalmente, y, a modo de ejemplo, se señalan algunos de los casos reportados de sustitución [18]:

- En una empresa de fabricación de piezas metálicas, se utilizaba inicialmente el TCE como fluido para lavado y desengrasante de las piezas metálicas, tras la aplicación de fluidos de corte como refrigerantes y lu-

La base de datos elaborada por el INSST "Desengrase de superficies metálicas" dispone de las siguientes entradas:

- **Procesos:** información técnica de los diferentes procesos de desengrase.
- **Disoluciones:** información específica de las disoluciones que se pueden encontrar en los procesos de desengrase.
- **Sustancias químicas:** información específica de las sustancias presentes en las disoluciones de desengrase.
- **Evaluaciones en empresas:** información obtenida de varias empresas que utilizan hidrocarburos clorados en sus procesos de desengrase.



bricantes. En sustitución a dicho agente, se aplicó un agente compuesto en un 96% por agua desionizada, utilizada tanto para limpieza, como para actuar como lubricante y refrigerante en los procesos de acabado de las piezas, eliminando así el uso de aceites refrigerantes (portal SUBSPORTplus. Ref.: 011. 2022).

- En un centro de formación profesional especializado en procesos de impresión, el TCE era en principio utilizado para la limpieza y el lavado de los rollos de impresión y fue sustituido por un producto a base de aceite de coco. Aunque este último ralentizó el proceso de limpieza por ser menos volátil, eso no impidió la exitosa sustitución del TCE (portal SUBSPORTplus. Ref.: 018. 2020).

- **Sectores con uso de disolventes extractivos (Ej.: CNAE 104; 21; 712)**

El TCE ha sido utilizado en diferentes sectores como disolvente para extraer grasas, aceites, ceras, alquitranes, etc., si bien, en la actualidad, está limitado en la UE a los usos autorizados señalados anteriormente.

Se han descrito casos de éxito para la sustitución del TCE, como, por ejemplo [18]:

- En un laboratorio español de control de calidad de materiales de construcción, el uso del TCE utilizado inicialmente para el análisis gravimétrico del betún en muestras de asfalto, fue eliminado realizando una modificación en el método de prueba. El cambio descrito consistió en la utilización de un horno para calentamiento de la mezcla asfáltica a una temperatura en torno a 500-600 °C, calculando el porcentaje de betún en la mezcla por diferencia de peso al evaporarse éste, y eliminando con ello la necesidad de utilización del TCE (portal SUBSPORTplus. Ref.: 024. 2020).
- Para la extracción de la cafeína del café, al contrario de los primeros métodos que utilizaban disolventes orgánicos como el TCE, en el proceso de extracción con dióxido de carbono en estado supercrítico, se elimina la necesidad de dichos disolventes. En estado supercrítico, ciertas propiedades del dióxido de carbono, como la viscosidad y coeficiente de difusión, presentan valores muy similares a las de los gases, lo que le confiere una alta capacidad disolvente (portal SUBSPORTplus. Ref.: 149. 2021).





Existen, asimismo, avances prometedores en el desarrollo de otras alternativas a los disolventes orgánicos tradicionales; así, por ejemplo [19], [20]:

- Extracción acuosa de aceites vegetales asistida por enzimas, mediante la cual se hidroliza la estructura de los polisacáridos que forman la pared celular de las semillas oleaginosas o las proteínas que forman su membrana celular.
- Extracción con agua subcrítica presurizada, la cual se encuentra a temperaturas por encima de su punto de ebullición, pero debajo de su punto crítico y a presiones superiores a la presión atmosférica. En estas condiciones, el agua ve modificada de modo sustancial algunas de sus propiedades, lo que hace incrementar su capacidad como disolvente para la extracción de ciertos compuestos orgánicos.
- Disolventes eutécticos profundos naturales (NADES, por sus siglas en inglés), los cuales están formados por la mezcla de dos o más compuestos, cuyo punto de fusión es inferior al de los compuestos puros que lo constituyen. Derivan de sustancias naturales como azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, etc.
- Disolventes de origen biológico: entre ellos se encuentran los derivados de materias primas renovables como la biomasa; terpenos (por ejemplo: D-Limoneno; α -Pineno), etc. La extracción mediante éstos puede estar asimismo asistida por técnicas como ultrasonidos o microondas. Será necesario evaluar los riesgos asociados a estas sustancias caso a caso, de manera que la alternativa de sustitución pueda representar un menor riesgo.

La sustitución de los agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos presentes en los lugares de trabajo constituye la medida preventiva prioritaria y obligatoria, siempre que sea técnicamente posible, frente a los riesgos derivados de la exposición a los mismos, ocupando el primer puesto en el orden de prioridad de la acción preventiva.

Dicha sustitución suele resultar compleja, especialmente cuando los procesos productivos ya se encuentran implantados. Por ello, la difusión e intercambio de experiencias sobre alternativas más seguras y técnicamente viables por sectores de actividad constituye una herramienta útil gracias a las sinergias generadas.

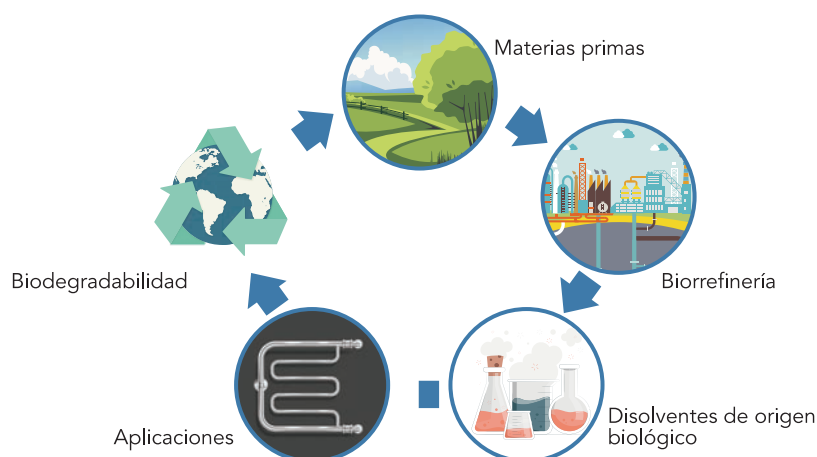


Figura 3. Ciclo de vida de disolventes de origen biológico. Extraído y traducido de referencia [19]



- **Sectores con uso de disolventes para adhesivos y pinturas (Ej.: CNAE 15, 16, 203, etc.)**

El TCE ha sido empleado como disolvente o vehículo portador de ciertas formulaciones de adhesivos en solución para ayudar a disolver y dispersar algunos de sus componentes importantes, como resinas, polímeros, colorantes u otros aditivos.

Se han buscado alternativas más seguras y sostenibles para reemplazar al TCE en estas aplicaciones. Algunos ejemplos son [12]:

- Las aplicaciones de fusión en caliente, donde se utilizan polímeros termoplásticos que funden al ser calentados y se solidifican al enfriarse, constituyendo, por tanto, un método de unión exento de disolventes.
- Adhesivos en dispersión o emulsión con base acuosa, donde el agua actúa como el portador que facilita la aplicación del adhesivo y, por tanto, no siendo necesaria la utilización de disolventes.

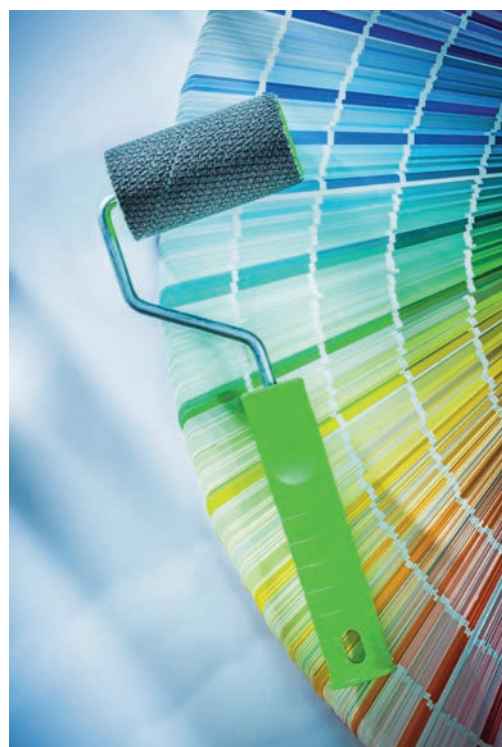
Por otra parte, el TCE ha sido también utilizado como portador en pinturas con base de disolventes. Las alternativas incluyen pinturas con base acuosa o pinturas al polvo o de alto contenido en sólidos, reduciéndose así el uso de disolventes.

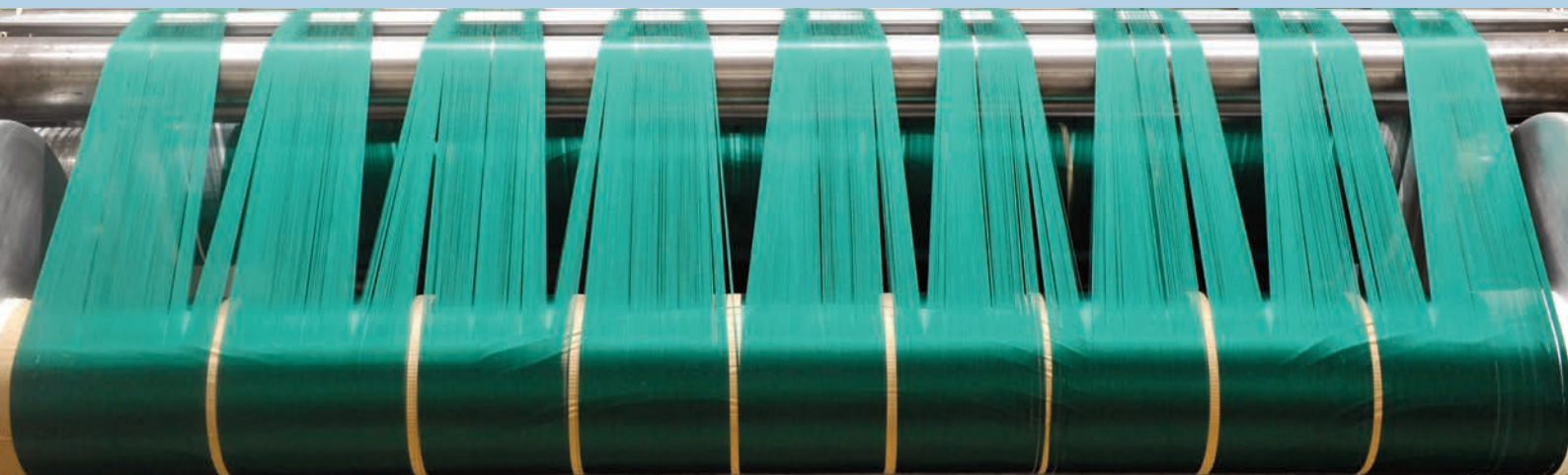
- **Sectores con uso de disolventes para limpieza en seco de tejidos (CNAE 9601)**

El TCE ha sido también aplicado para eliminar manchas y grasas de tejidos, a modo de disolvente para limpieza en seco.

Es relevante la identificación y desarrollo de alternativas para estas aplicaciones que puedan evitar el uso de disolventes. Así, por ejemplo [21]:

- Limpieza profesional en húmedo, la cual utiliza equipos de lavado controlados por ordenador, junto con detergentes y equipos de acabado especializados para procesar prendas delicadas que, de otra manera, serían limpiadas en seco.
- Dióxido de carbono en estado supercrítico. En estas condiciones, muestra propiedades fisicoquímicas intermedias entre estado líquido y gas, otorgándole alta densidad y difusividad, así como baja viscosidad, confiriéndole características adecuadas como disolvente. Suele ser utilizado en combinación con otros agentes limpiadores cuya mezcla, tras su uso y filtrado, puede ser reutilizada. Es relevante la consideración de las altas presiones requeridas para este sistema de limpieza, así como el posible impacto correspondiente, en el diseño de los equipos y el espacio necesario para su implantación.





• Industria Química (CNAE 20)

Entre las diferentes aplicaciones que ha tenido el TCE en la industria química, son notables los esfuerzos realizados para la identificación de alternativas con menor impacto para la salud. Entre ellas, y con carácter no exhaustivo, se señalan a continuación algunas referencias:

- Para la fabricación de microfibras de poliuretano y poliéster/poliamida, se describió un caso de éxito en Italia, donde se implementó una nueva tecnología, la cual, a partir de poliéster reciclado y poliuretanos con base acuosa, eliminó la necesidad de utilización del TCE como disolvente (portal SUBSPORTplus. Ref.: 364.2005).
- Respecto a la producción de retardantes de llama, existe en la actualidad un notable impulso en la identificación de opciones extraídas a partir de la biomasa, en sustitución de las tradicionales basadas en compuestos halogenados [23].

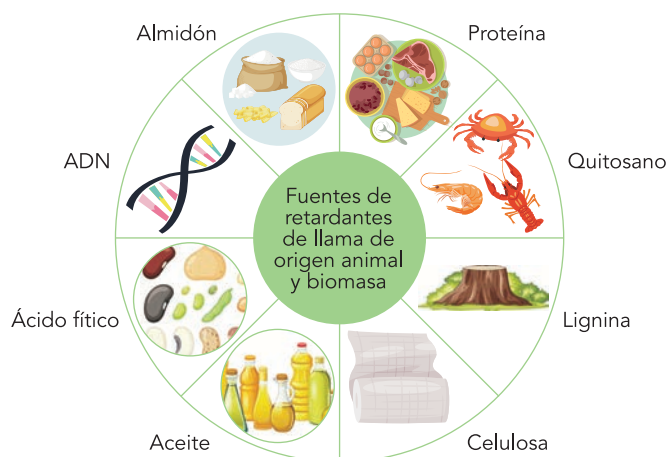


Figura 4. Fuentes de retardantes de llama basados en biomasa. Extraído y traducido de referencia [22]

El efecto retardante de llama de dichos compuestos de origen natural es de carácter esencialmente intumescente, puesto que, dada su composición, forman una capa carbonosa de baja conductividad térmica que protege al material de la acción del flujo de calor o de la llama.

Son diversos los compuestos de origen natural objeto de estudio para su posible aplicación como retardantes de llama; entre ellos:

- Carbohidratos, como la celulosa, almidón, quitosano, alginatos, etc.
- Proteínas, entre ellas la caseína, etc.
- Lípidos, así, por ejemplo, los fosfolípidos.

La nueva colección técnica elaborada por el INSST **Fichas de ayuda para la sustitución: la sustitución como medida más efectiva** está formada por una serie de folletos monográficos sobre sustitución para los principales agentes químicos cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos que se pueden encontrar de forma más habitual en los lugares de trabajo.

En esta colección, que acompaña a la colección **Agentes cancerígenos en el trabajo: conocer para prevenir**, se puede encontrar información sobre herramientas de ayuda para la sustitución, así como algunas referencias con carácter no exhaustivo, para la sustitución de cada uno de los agentes en los principales sectores de actividad con riesgo de exposición.



Referencias bibliográficas

- [1] Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP).
- [2] [INFOCARQUIM](#). INSST. Tricloroetileno.
- [3] Högberg, J., & Järnberg, J. (2023). Approaches for the setting of occupational exposure limits (OELs) for carcinogens. *Critical Reviews in Toxicology*, 53(3), 131-167.
- [4] Reglamento (CE) n° 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 mezclas químicos (REACH).
- [5] ECHA. [Portal web](#). Trichloroethylene.
- [6] ECHA. 2022. Case study: Impacts of REACH authorisation of trichloroethylene.
- [7] ECHA. 2022. Annex XV. Report an assessment of whether the use of trichloroethylene in articles should be restricted in accordance with article 69(2) of Reach.
- [8] ECHA. [Portal web](#). Dictámenes aprobados y consultas previas sobre las solicitudes de autorización. Tricloroetileno.
- [9] S.T.O.P. Carcinogens at work. [Portal web](#). Los datos sobre Tricloroetileno.
- [10] NTP 1.085. 2017. Calidad del aire interior. Equipos y materiales de oficina: contaminantes químicos.
- [11] Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo. 2023. Factores de riesgo de cáncer en el ámbito laboral en Europa – primeras conclusiones de la Encuesta sobre la exposición de las personas trabajadoras.
- [12] Toxics Use Reduction Institute. [Portal web](#). TURI Chemical Fact Sheets. Trichloroethylene.
- [13] Toxics Use Reduction Institute. 2021. Alternatives to Halogenated Solvents Used in Surface Cleaning.





- [14] Ministerio de Medio Ambiente y medio rural y marino. 2009. Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector de Tratamiento de Superficies Metálicas y Plásticas.
- [15] R. Kohli. (2019). Developments in Surface Contamination and Cleaning. Application of Microbial Cleaning Technology for Removal of Surface Contamination.
- [16] INRS. 2023. Fiche d'aide à la substitution (FAS). Trichloroéthylène. Nettoyage, dégraissage.
- [17] Toxics Use Reduction Institute. 2021.
- [18] SUBSPORTplus. [Portal web](#) de sustitución.
- [19] Li, Z., Smith, K. H., & Stevens, G. W. (2016). The use of environmentally sustainable bio-derived solvents in solvent extraction applications—a review. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 24(2), 215-220.
- [20] Chemat, F., Abert Vian, M., Ravi, H. K., Khadhraoui, B., Hilali, S., Perino, S., & Fabiano Tixier, A. S. (2019). Review of alternative solvents for green extraction of food and natural products: Panorama, principles, applications, and prospects. *Molecules*, 24(16), 3007.
- [21] TURI. 2012. Assessment of Alternatives to Perchloroethylene for the dry cleaning industry.
- [22] Liang, Y., Jian, H., Deng, C., Xu, J., Liu, Y., Park, H., ... & Sun, Y. (2023). Research and application of biomass-based wood flame retardants: A Review. *Polymers*, 15(4), 950.
- [23] Dowbysz, A., Samsonowicz, M., & Kukfisz, B. (2022). Recent advances in bio-based additive flame retardants for thermosetting resins. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4828.
- [24] Hou, L., Yin, F., Wang, S., Sun, J., & Yin, H. (2024). A review of thermal effects and substrate damage control in laser cleaning. *Optics & Laser Technology*, 174, 110613.
- [25] Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo.
- [26] IARC. 2014. Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, and some other chlorinated agents. Volume 106. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans.





- [27] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2022. Trichloroethylene Toxicity.
- [28] Slunge, D., Andersson, I., & Sterner, T. (2022). REACH authorisation and the substitution of hazardous chemicals: The case of trichloroethylene. *Journal of Cleaner Production*, 364, 132637.
- [29] Guía Práctica para la sustitución de agentes químicos por otros menos peligrosos, en la industria. Foment del Treball. 2011.
- [30] Kowalska, J., Szewczyńska, M., & Pośniak, M. (2015). Measurements of chlorinated volatile organic compounds emitted from office printers and photocopiers. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 5241-5252.
- [31] Centre for Future Chemical Risk Assessment and Management Strategies, FRAM. University of Gothenburg. 2021. Substitution of trichloroethylene in metal parts cleaning in the European Union.
- [32] Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE-2009).

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Hipervínculos:

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

**Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:**

<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST :

<http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



NIPO (en línea): 118-24-031-3