

FLUOROCARBUROS

Los fluorocarburos se derivan de los hidrocarburos mediante sustitución por flúor de todos o algunos de sus átomos de hidrógeno. Los hidrocarburos en los que se ha reemplazado alguno de los átomos de hidrógeno por cloro o bromo, además de los que fueron por flúor (es decir, clorofluorhidrocarburos, bromofluorhidrocarburos) suelen incluirse en la clasificación de fluorocarburos; por ejemplo, el bromoclorodifluorometano (CClBrF₂).

El primer fluorocarburo económicamente importante fue el diclorodifluorometano (CCl₂F₂), que se comenzó a utilizar en 1931 como un refrigerante mucho menos tóxico que el dióxido de azufre, el amoníaco o el clorometano, que eran los refrigerantes utilizados en aquella época.

Usos

Los fluorocarburos se han utilizado como refrigerantes, propulsores para aerosoles, disolventes, agentes expulsores para espumas extintoras de incendios y productos químicos intermedios de polímeros. Tal como se explica más adelante, la preocupación por el efecto de los clorofluorocarburos en la destrucción de la capa de ozono de la atmósfera ha llevado a prohibir el uso de estos productos químicos.

El *triclorofluorometano* y el *dicloromonofluorometano* se utilizaban antiguamente como propulsores para aerosoles. El *triclorofluorometano* se utiliza hoy en día como agente limpiador y desengrasante, como refrigerante y como agente expulsor para poliuretanos. También se utiliza en extintores de incendios y aislamientos eléctricos y como fluido dieléctrico. El dicloromonofluorometano se utiliza en la fabricación de botellas de vidrio, en líquidos intercambiadores de calor, como refrigerante para máquinas centrifugas, como disolvente y como agente espumante.

El *diclorotetrafluoretano* es un disolvente, diluyente, agente limpiador y desengrasante para circuitos impresos. Se utiliza como agente expulsor para espumas extintoras de incendios y como refrigerante en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, así como para el refinado de magnesio, como inhibidor de la erosión de los metales en fluidos hidráulicos y como material de refuerzo en botellas. El *diclorodifluorometano* se empleaba también en la fabricación de botellas de vidrio, como aerosol para cosméticos, pinturas e insecticidas, y para la depuración de agua, cobre y aluminio. El *tetrafluoruro* de carbono es un propulsor para cohetes y para el guiado de satélites y el *tetrafluoretileno* se utiliza en la preparación de propulsores para aerosoles alimentarios. El *cloropentafluoretano* es un propulsor para aerosoles alimentarios y un refrigerante para aparatos domésticos y aparatos portátiles de aire acondicionado. El *clorotrifluorometano*, el *clorodifluorometano*, el *trifluorometano*, el *1,1-difluoretano* y el *1,1-clorodifluoretano* son también refrigerantes.

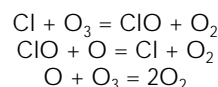
Muchos de los fluorocarburos se utilizan como productos químicos intermedios y disolventes en diversas industrias, como las de tejidos, limpieza en seco, fotografía y plásticos. Algunos de ellos tienen además funciones específicas como inhibidores de la corrosión y detectores de fugas. El *teflón* se utiliza en la fabricación de plásticos de alta resistencia térmica, prendas protectoras, tubos y láminas para laboratorios químicos, aislantes eléctricos, interruptores automáticos, cables, hilos y revestimientos antiadherentes. El *clorotrifluorometano* se utiliza para endurecer metales y

el *1,1,1,2-tetracloro-2,2-difluoretano* y el *diclorodifluorometano* sirven para detectar grietas superficiales y defectos en los metales.

El *halotano*, el *isoflurano* y el *enflurano* se utilizan como anestésicos administrados por vía respiratoria.

Riesgos para el medio ambiente

En los decenios de 1970 y 1980 se fueron acumulando evidencias de que los fluorocarburos estables y otros productos químicos, como el bromuro metílico y el 1,1,1-tricloroetano, una vez liberados a la atmósfera, se propagaban lentamente hacia las capas superiores, llegando a la estratosfera, donde la intensa radiación ultravioleta podía hacer que estas moléculas liberasen átomos de cloro libres, que reaccionarían con el oxígeno de la forma siguiente:



Puesto que en esta reacción se regeneran los átomos de cloro, quedarían libres para repetir el ciclo. El resultado evidente sería una reducción significativa del ozono estratosférico que protege a la Tierra de los efectos nocivos de la radiación ultravioleta solar. El aumento de la radiación ultravioleta provocaría un aumento del cáncer de piel y afectaría a las cosechas, a la productividad forestal y a los ecosistemas marinos. Los estudios de la atmósfera superior realizados en la última década han demostrado la existencia de agujeros en la capa de ozono.

Como consecuencia de esta inquietud, a partir de 1979 se prohibió en todo el mundo la mayoría de los aerosoles que contenían clorofluorocarburos. En 1987 se firmó un acuerdo internacional, el "Protocolo de Montreal relativo a las sustancias destructoras de la capa de ozono", para controlar la producción y el consumo de sustancias que destruyen el ozono. En este protocolo se estableció el año 1996 como fecha límite para abandonar totalmente la producción y el consumo de clorofluorocarburos en los países desarrollados. Los países en vías de desarrollo disponen de 10 años más para el cumplimiento de este requisito. También se establecieron controles para los haluros, el tetracloruro de carbono, el 1,1,1-tricloroetano (metil cloroformo), los hidroclofluorocarburos (HCFC), los hidrobromofluorocarburos (HBFC) y el bromuro metílico. Estos productos químicos sólo se permiten para usos esenciales y siempre que no existan alternativas técnica y económicamente viables.

Riesgos

Los fluorocarburos son, en general, menos tóxicos que los correspondientes hidrocarburos clorados o bromados. Esta menor toxicidad puede deberse a una mayor estabilidad del enlace C-F y, tal vez también, a la menor solubilidad lipófila de las sustancias más fluoradas. Gracias a su bajo nivel de toxicidad, ha sido posible seleccionar fluorocarburos que sean seguros para los usos a los que se destinan. No obstante, la supuesta seguridad de los fluorocarburos en estas aplicaciones ha hecho que se divulgara la falsa creencia de que los fluorocarburos son completamente inocuos en cualquier condición de exposición.

En realidad, los fluorocarburos volátiles poseen propiedades narcóticas similares a las de los hidrocarburos clorados, aunque más débiles. La inhalación aguda de 2.500 ppm de *triclorotrifluoreto* provoca intoxicación y descoordinación psicomotriz en el ser

humano, un efecto que también se observa con concentraciones de 10.000 ppm (1 %) de *diclorodifluorometano*. La inhalación de *diclorodifluorometano* a concentraciones de 150.000 ppm (15 %) provoca pérdida de la consciencia. Se han registrado más de 100 muertes relacionadas con la inhalación de fluorocarburos como consecuencia de la pulverización de aerosoles que contenían *diclorodifluorometano* como propulsor en el interior de una bolsa de papel y su posterior inhalación. El TLV de 1.000 ppm establecido por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) no produce efectos narcóticos en el ser humano.

Los fluorometanos y fluoretanos tampoco producen efectos tóxicos, como lesiones hepáticas o renales, por exposición repetida. Los fluoralquenos, como el *tetrafluoretileno*, el *hexafluoropropileno* o el *clorotrifluoretileno*, pueden causar lesiones hepáticas y renales en animales de experimentación tras exposiciones prolongadas y repetidas a las concentraciones apropiadas.

No obstante, la toxicidad aguda de los fluoralquenos es sorprendente en algunos casos. El *perfluorisobutileno* es un buen ejemplo de ello. Con una CL_{50} de 0,76 ppm para cuatro horas de exposición en el caso de las ratas, es más tóxico que el fosgeno. Al igual que este último producto, produce edema pulmonar agudo. Por su parte, el fluoruro de vinilo y el fluoruro de vinilideno son fluoralcanos de muy baja toxicidad.

De la misma forma que muchos otros vapores de disolventes y anestésicos utilizados en cirugía, los fluorocarburos volátiles también pueden producir arritmia o parada cardíaca cuando el organismo libera una cantidad anormalmente elevada de adrenalina (como en situaciones de angustia, miedo, excitación o ejercicio violento). Las concentraciones necesarias para producir este efecto son muy superiores a las que se encuentran normalmente en la industria.

En perros y monos, tanto el *clorodifluorometano* como el *diclorodifluorometano* provocan rápidamente depresión respiratoria, broncoconstricción, taquicardia, depresión miocárdica e hipotensión a concentraciones de entre un 5 y un 10 %. El *clorodifluorometano*, al contrario que el *diclorodifluorometano*, no provoca arritmias cardíacas en monos (aunque sí en ratones) y tampoco reduce la función pulmonar.

Medidas de salud y seguridad. Todos los fluorocarburos sufren descomposición térmica cuando se exponen a la acción de la llama o de metales calentados al rojo. Los productos de la descomposición de los clorofluorocarburos son los ácidos fluorhídrico y clorhídrico, junto con cantidades más pequeñas de fosgeno y fluoruro de carbonilo. Este último compuesto es muy inestable a la hidrólisis y rápidamente se transforma en ácido fluorhídrico y dióxido de carbono en presencia de humedad.

Los estudios de mutagenicidad y teratogenicidad realizados de los tres fluorocarburos más importantes desde el punto de vista industrial (*triclorofluorometano*, *diclorodifluorometano* y *triclorotrifluorometano*), han dado resultados negativos.

El *clorodifluorometano*, que en un tiempo se consideró como posible propulsor para aerosoles, resultó ser mutágeno en los estudios de mutagénesis bacteriana. Los estudios de exposición a lo largo de toda la vida aportaron ciertas evidencias de carcinogénesis en ratas macho expuestas a concentraciones de 50.000 ppm (5 %), pero no a concentraciones de 10.000 ppm (1 %). Este efecto no se apreció en ratas hembra ni en otras especies. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado esta sustancia en el Grupo 3 (evidencias limitadas de carcinogénesis en animales). También se obtuvieron ciertas pruebas de teratogenicidad en ratas expuestas a 50.000 ppm (5 %), pero no a 10.000 ppm (1 %), ni en conejos expuestos a concentraciones de hasta 50.000 ppm.

Las víctimas de la exposición a fluorocarburos deben ser evacuadas del área contaminada y recibir un tratamiento sintomático. No se les administrará adrenalina, pues existe la posibilidad de provocar arritmias o parada cardíaca.

Tetrafluoretileno

Los riesgos principales del monómero *tetrafluoretileno* son su inflamabilidad en un amplio rango de concentraciones (del 11 al 60 %) y su peligro de explosión. El tetrafluoretileno no inhibido puede experimentar polimerización o dimerización espontáneas, siendo ambas reacciones exotérmicas. El consiguiente aumento de presión en un envase cerrado puede provocar una explosión y se han registrado varios accidentes de este tipo. Se cree que estas reacciones espontáneas son iniciadas por impurezas activas tales como el oxígeno.

El tetrafluoretileno no comporta un gran riesgo de toxicidad aguda *per se*, siendo la CL_{50} en ratas expuestas durante 4 horas de 40.000 ppm. Las ratas que fallecen como consecuencia de exposiciones letales no sólo presentan lesiones pulmonares, sino también cambios degenerativos en el riñón, siendo esto último característico de otros fluoralquenos, pero no de los fluoralcanos.

Otro posible riesgo está relacionado con las impurezas tóxicas que se forman durante la preparación o pirólisis del tetrafluoretileno, en especial el *octafluorisobutileno*, que tiene una concentración letal aproximada de tan solo 0,76 ppm en ratas para exposiciones de 4 horas. Se han registrado algunos casos mortales por exposición a estas "grandes calderas". Debido a su peligrosidad, los experimentos con tetrafluoretileno no deben ser nunca realizados por personas que no estén debidamente entrenadas.

Medidas de salud y seguridad. El tetrafluoretileno se transporta en cilindros de acero a presión elevada. En estas condiciones, el monómero tiene que inhibirse para prevenir su polimerización o dimerización espontáneas. Los cilindros estarán equipados con válvulas de seguridad, si bien habrá que cuidar que estas válvulas no se atasquen con el polímero.

El teflón (politetrafluoretileno) se sintetiza por polimerización del tetrafluoretileno con un catalizador redox. El teflón no es peligroso a temperatura ambiente. Sin embargo, cuando se calienta a una temperatura de entre 300 y 500 °C, se obtienen fluoruro de hidrógeno y octafluorisobutileno como productos de la pirólisis. A temperaturas más elevadas, entre 500 y 800 °C, se produce fluoruro de carbonilo. Por encima de 650 °C, se producen tetrafluoruro de carbono y dióxido de carbono, que pueden provocar fiebre causada por el humo de polímeros, una enfermedad parecida a la gripe. La causa más común de esta enfermedad es el encendido de cigarrillos contaminados con polvo de teflón. También se han registrado casos de edema pulmonar.

Fluorocarburos anestésicos. El *halotano* es un anestésico inhalable utilizado desde antiguo, a menudo en combinación con óxido nitroso. El *isoflurano* y el *enflurano* se utilizan cada vez más, ya que producen menos efectos secundarios que el halotano.

El halotano es anestésico a concentraciones superiores a 6.000 ppm. La exposición a concentraciones de 1.000 ppm durante 30 minutos produce anomalías en el comportamiento que no aparecen con concentraciones de 200 ppm. A concentraciones subanestésicas no se han registrado casos de irritación o sensibilización cutánea, ocular ni respiratoria, pero sí algunos casos de hepatitis. Algunos pacientes expuestos repetidamente a concentraciones anestésicas han sufrido hepatitis graves. La toxicidad en el hígado no se ha encontrado por exposiciones laborales al *isoflurano* o al *enflurano*, pero sí algunos casos de hepatitis en pacientes expuestos a dosis de enflurano iguales o superiores a 6.000 ppm y en trabajadores que habían utilizado isoflurano, aunque la contribución de éste no ha podido ser demostrada.

En un estudio de toxicidad hepática en animales, no se observaron efectos tóxicos en ratas expuestas repetidamente a 100 ppm de halotano en el aire. En otro estudio se observó al microscopio electrónico necrosis cerebral, hepática y renal con concentraciones de 10 ppm. No se detectaron efectos en ratones expuestos a 1.000 ppm de enflurano durante 4 horas diarias a lo largo de unos 70 días y sólo se observó una ligera disminución de la ganancia de peso cuando se les expuso a 3.000 ppm durante 4 horas diarias, 5 días a la semana a lo largo de hasta 78 semanas. En otro estudio se registraron grandes pérdidas de peso y numerosas muertes en ratones expuestos continuamente a 700 ppm de enflurano durante períodos de hasta 17 días; en ese mismo estudio no se apreciaron efectos en ratas ni cobayas expuestas durante 5 semanas. La exposición continua de ratones a dosis de 150 ppm o superiores de isoflurano en el aire provocó una disminución de la ganancia de peso. A concentraciones de 1.500 ppm se observaron efectos similares en cobayas, pero no en ratas. No se apreciaron efectos significativos en ratones expuestos a concentraciones de hasta 1.500 ppm durante 4 horas diarias, 5 días a la semana a lo largo de 9 semanas.

Los estudios realizados en animales no han podido demostrar que el enflurano o el isoflurano tengan efectos mutagénicos o carcinogénicos, como ha ocurrido con los estudios epidemiológicos de halotano. Los primeros estudios epidemiológicos que sugirieron efectos teratogénicos del halotano y otros anestésicos inhalables no han sido corroborados por estudios posteriores de exposición al halotano.

No existen evidencias claras de efectos fetales en ratas expuestas a concentraciones de halotano de hasta 800 ppm; tampoco se han observado efectos en la fertilidad con exposiciones repetidas a concentraciones de hasta 1.700 ppm. Se ha observado cierta fetotoxicidad (pero no teratogenicidad) a concentraciones de 1.600 ppm y superiores. En ratones, se observó fetotoxicidad a 1.000 ppm, pero no a 500 ppm. En los estudios realizados con enflurano no se observaron efectos en la fertilidad de los ratones a concentraciones de hasta 10.000 ppm, pero sí se obtuvieron ciertas evidencias de anomalías espermáticas a concentraciones de 12.000 ppm. Tampoco se hallaron evidencias de teratogenicidad en ratones expuestos a concentraciones de hasta 7.500 ppm, ni en ratas expuestas a concentraciones de hasta 5.000 ppm. Se apreció una ligera embrio/fetotoxicidad en ratas preñadas expuestas a 1.500 ppm. Con el isoflurano, la exposición de ratones macho a concentraciones de hasta 4.000 ppm durante 4 horas diarias a lo largo de 42 días no tuvo efecto alguno en la fertilidad. No se apreciaron efectos fetotóxicos en hembras de ratón preñadas expuestas a 4.000 ppm durante 4 horas diarias a lo largo de 2 semanas, si bien la exposición de ratas preñadas a una concentración de 10.500 ppm produjo una ligera pérdida de peso de los fetos. En otro estudio se observó una disminución del tamaño de la camada y del peso corporal fetal, así como efectos en el desarrollo de los fetos, en ratones expuestos a 6.000 ppm de isoflurano durante 4 horas diarias en los días 6° a 15° de la gestación. Estos efectos no se observaron con concentraciones de 60 ó 600 ppm.

TABLAS DE FLUOROCARBUIROS

Tabla 104.69 • Identificación química.

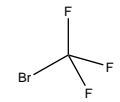
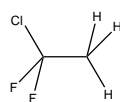
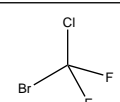
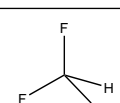
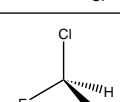
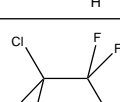
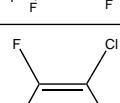
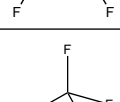
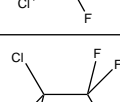
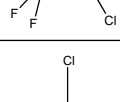
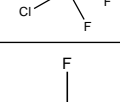
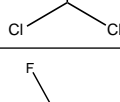
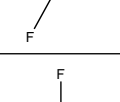
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
BROMOTRIFLUOROMETANO	Bromofluoroformo; bromotrifluorometano; F-13B1; Freón 13B1; Halón 1301; R13B1; trifluorobromometano; trifluoromonobromometano UN1009	75-63-8	
1-CLORO-1,1-DIFLUORETANO	CFC 142B; fluoruro de cloroetileno; 1,1-difluor-1-cloroetano; Freón 142; Freón 142B; hidroclofluorocarburo 142B; R142B UN2517	75-68-3	
CLORODIFLUOROBROMOMETANO	Bromoclorodifluorometano; Flugex 12B1; fluorocarburo 1211; Freón 12B1; Halón 1211; R12B1 UN1974	353-59-3	
CLORODIFLUOROMETANO	CFC 22; difluoroclorometano; difluoromonoclorometano; Eskimon 22; F 22; FC 22 UN1018	75-45-6	
CLOROFUOROMETANO	CFC 31; FC 31; Freón 31; monocloromonofluorometano; R 31; R 31 (refrigerante)	593-70-4	
CLOROPENTAFLUORETANO	Cloropentafluorano; fluorocarbono-115; Freón 115; Genetron 115; Halocarbano 115; monocloropentafluorano; R115 UN1020	76-15-3	
CLOROTRIFLUOREILENO	1-Cloro-1,2,2-trifluoretileno; 2-cloro-1,1,2-trifluoretileno; CTFE; R1113; trifluorocloroetileno; 1,1,2-trifluor-2-cloroetileno UN1082	79-38-9	
CLOROTRIFLUOROMETANO	Arcton 3; F 13; Freón 13; Genetron 13; monoclorotrifluorometano; R 13; trifluoroclorometano; cloruro de trifluorometilo; trifluoromonoclorocarbano UN1022	75-72-9	
1,2-DICLORO-1,1,2,2-TETRAFLUORETANO	Criofluorano; diclorotetrafluorano; F 114; FC 114; Fluorano 114; Fluorocarbano 114; R 114; 1,1,2,2-tetrafluor-1,2-dicloroetano	76-14-2	
DICLORODIFLUOROMETANO	Arcton 6; Arcton 12; difluorodiclorometano; Electro-CF 12; F 12; FC 12; Fluorocarbano-12; Freón 12; Eskimon 12; Freón f-12 UN1028	75-71-8	
DICLOROFLUOROMETANO	Algofreno tipo 5; Arcton 7; fluorodiclorometano; Freón 21; Genetron 21; FC-21; R21 UN1029	75-43-4	
DIFLUORETANO	Algofreno tipo 67; fluoruro de etileno; difluoruro de etilideno; fluoruro de etilideno; FC 152A; Freón 152; Genetron 100; Genetron 152A; Halocarbano 152A	75-37-6	
DIFLUORODIBROMOMETANO	Dibromodifluorometano; Freón 12-b2; Halón 1202; R12B2 UN1941	75-61-6	

Tabla 104.69 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ENFLURANO	2-Cloro-1-(difluorometoxi)-1,1,2-trifluoretano; éter difluorometílico de 2-cloro-1,1,2-trifluoretilo; etano: metilfluoréter	13838-16-9	
ETER VINILICO DE 2,2,2-TRIFLUORETILO	(2,2,2-Trifluoroetoxi)-eteno; fluoroxeno/fluoroxeno; fluoroxeno	406-90-6	
FLUORURO DE VINILIDENO		75-38-7	
FLUORURO DE VINILO	Fluoretileno	75-02-5	
HALOTANO	Bromoclorotrifluoretano	151-67-7	
HEXAFLUORACETONA	Hexafluoracetona; 6FK; NCI-C56440; 1,1,1,3,3,3-hexafluor-2-propanona UN2420	684-16-2	
OCTAFLUORISOBUTILENO		382-21-8	
PERFLUORISOBUTILENO	Octafluoroisobuteno; octafluoroisobuteno; octafluor-sec-buteno; 1,1,1,3,3,3-pentafluor-2-trifluorometil-1-propeno PFIB	382-21-8	
TEFLON	Poli(etileno tetrafluoruro); politetrafluoreteno; politetrafluoretieno; PTFE	9002-84-0	
1,1,2,2-TETRACLORO-1,2-DIFLUORETANO	1,2-Difluor-1,1,2,2-tetracloroetano; F-112; FC 112; Freón 112; Freón r 112; halocarbono 112; Refrigerante 112; 1,1,2,2-tetracloro-1,2-difluoretano	76-12-0	
1,1,1,2-TETRACLORO-2,2-DIFLUORETANO	Halocarbono 112A; refrigerante 112A	76-11-9	
TETRAFLUORETILENO	Fluoroplast 4; perfluoreteno; perfluoretieno; tetrafluoretieno UN1081	116-14-3	
TETRAFLUOROMETANO	Arcton O; fluoruro de carbono; tetrafluoruro de carbono; F 14; FC 14; Freón 14; Halocarbono 14; Halón 14; perfluorometano; tetrafluorocarbono UN1982	75-73-0	
1,1,2-TRICLORO-1,2,2-TRIFLUORETANO	F 113; FC 113; Freón 113; Halocarburo 113; Isceon 113; triclorotrifluoretano; 1,1,2-triclorotrifluoretano; 1,2,2-triclorotrifluoretano	76-13-1	

Tabla 104.69 • Identificación química.

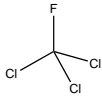
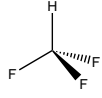
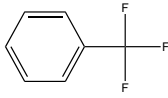
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
TRICLOROFLUOROMETANO	Eskimon 11; FC 11; Freón 11; Freón 11a; Freón 11b; Freón HE; Freón MF	75-69-4	
TRIFLUOROMETANO	Arcton; trifluoruro de carbono; fluoroforno; fluorilo; Freón 23; Freón F-23; Genetron-23; Halocarbono 23; trifluoruro de metilo; R 23 UN1984 y UN3136	75-46-7	
TRIFLUORO- α,α,α -TOLUENO	Fluoruro de bencenilo; benzotrifluoruro; fluoruro de bencilidina; fenilfluoroforno; (trifluorometil)benceno UN2338	98-08-8	

Tabla 104.70 • Riesgos para la salud.

Denominación química Número CAS	Tarjetas Internacionales sobre la Seguridad de los Productos Químicos				NIOSH (EE.UU.)	
	Período corto de exposición	Período largo de exposición	Vías de exposición	Síntomas	Organos afectados Vías de entrada	Síntomas
BROMOTRIFLUOROMETANO 75-63-8			Inhalación Piel Ojos	Mareo Enrojecimiento, en contacto con el líquido: congelación Quemaduras profundas graves	Corazón; SNC Inh; con (liq)	Atur; arrit card; liq; congelación
CLORODIFLUOROBROMO-METANO 353-59-3	piel		Inhalación Piel Ojos	Somnolencia, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación Quemaduras profundas graves		
CLORODIFLUOROMETANO 75-45-6	tract resp; piel; SNC; SCV		Inhalación Piel Ojos	Confusión, sopor, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento, dolor	Sis resp; SCV; SNC; hígado; bazo; riñones Inh; con (liq)	Irrit sis resp; conf, sop, zumbido de oídos; palpit, arrit card; asfi; lesiones en hígado, riñones y bazo; liq; congelación
CLOROPENTAFLUORETANO 76-15-3	piel		Inhalación Piel Ojos	Mareo, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación Quemaduras profundas graves	Piel; SNC; SCV Inh; con (liq)	Disn; mar, descoord, narco; náu, vóm; palpit, arrit card, asfi; liq; congelación, derm
CLOROTRIFLUOROMETANO 75-72-9			Inhalación Piel	Confusión, cefalea En contacto con el líquido: congelación		
DICLORODIFLUOROMETANO 75-71-8	tract resp; piel; SNC; SCV; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos	Confusión, sopor, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento, dolor	SCV; SNP Inh; con (liq)	Mar, temblores, asfi, incons, arrit card, parada card; liq; congelación
DICLOROFLUOROMETANO 75-43-4	piel; SNC; SCV		Inhalación Piel	Somnolencia, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación	Sis resp; SCV Inh; con (liq)	Asfi, arrit card, parada card; liq; congelación
DIFLUORODIBROMOMETANO 75-61-6					Sis resp; SNC; hígado Inh; ing; con	En animales: irrit sis resp; síntomas del SNC; lesiones hepáticas
ENFLURANO 13838-16-9	SNC	hígado	Inhalación	Somnolencia, debilidad	Ojos; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos; depres SNC, analgesia, anes, temblores, crisis resp
FLUORURO DE VINILIDENO 75-38-7			Inhalación Piel Ojos	Mareo, sopor, disnea En contacto con el líquido: congelación Quemaduras profundas graves	SNC Inh; con (liq)	Mar, cef, náu; liq; congelación

Tabla 104.70 • Riesgos para la salud.

Denominación química Número CAS	Tarjetas Internacionales sobre la Seguridad de los Productos Químicos				NIOSH (EE.UU.)	
	Período corto de exposición	Período largo de exposición	Vías de exposición	Síntomas	Organos afectados Vías de entrada	Síntomas
FLUORURO DE VINILO 75-02-5	ojos; tract resp; sinner		Inhalación Piel Ojos	Mareo, disnea. En contacto con el líquido: congelación. En contacto con el líquido: congelación.	SNC Inh; con (liq)	Cef, mar, conf, descoord, narco, náus, vómit; liq; congelación
HALOTANO 151-67-7	SCV; SNC	higado; riñones; toxicidad repro en seres humanos	Inhalación Piel Ojos	Confusión, mareo, sopor, náuseas Sequedad de piel, aspereza. Enrojecimiento.	Ojos; piel; sis resp; SCV; SNC; higado; riñones; sis repro Inh; ing; con	En animales: irrit ojos, piel, muc; les hepáticas
OCTAFLUORISOBUTILENO 382-21-8	tract resp		Inhalación Piel Ojos	Tos, irritación, disnea, edema pulmonar, dolor de garganta, irritación. Los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor		
PERFLUORISOBUTILENO 382-21-8			Inhalación Piel Ojos	Tos, irritación, disnea, edema pulmonar, dolor de garganta, irritación, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor		
1,1,2,2-TETRACLORO-1,2-DIFLUORETANO 76-12-0					Sis resp; piel; ojos; SNC Inh; ing; con	En animales: irrit ojos, piel; conj; edema pulm; narco
1,1,1,2-TETRACLORO-2,2-DIFLUORETANO 76-11-9					Sis resp; piel; ojos; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel; depres del SNC; edema pulm; sop; disn
TETRAFLUOROMETANO 75-73-0	SNC		Inhalación Piel	Confusión, cefalea En contacto con el líquido: congelación		
TRICLOROFLUOROMETANO 75-69-4	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos	Confusión, sopor, disnea, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento, dolor	SCV; piel; sis resp Inh; ing; con	Descoord, temblores; derm; arrit card, parada card; asfi; liq; congelación
1,1,2-TRICLORO-1,2,2-TRIFLUORETANO 76-13-1	tract resp; piel; SNC; SCV		Inhalación Piel Ojos	Confusión, tos, sopor, inconsciencia Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor	Piel; corazón; SNC; SCV Inh; ing; con	Irrit piel, garganta; sop; derm; depres del SNC; en animals; arrit card, narco

Tabla 104.71 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
BENZOTRIFLUORURO 98-08-8			3
BROMOTRIFLUOROMETANO 75-63-8	• El vapor es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno	• Se descompone al calentarse, produciendo bromuro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno • Es un potente agente reductor y reacciona con oxidantes aluminio	• Es 2.2
1,1,1-CLORODIFLUORETANO 75-68-3			2.1

Tabla 104.71 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
CLORODIFLUORBROMOMETANO 353-59-3	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone en contacto con llamas abiertas o superficies muy calientes, produciendo gases tóxicos 	2.2
CLORODIFLUOROMETANO 75-45-6	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone liberando vapores corrosivos y muy tóxicos (cloruro de hidrógeno; fosgeno; cloro; fluoruro de hidrógeno) • Reacciona violentamente con metales en polvo como el aluminio y el zinc, con peligro de incendio y explosión • Ataca el magnesio y sus aleaciones 	2.2
CLOROPENTAFLUORETANO 76-15-3	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse, produciendo cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno Reacciona con oxidantes fuertes 	2.2
CLOROTRIFLUOROMETANO 75-72-9		<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone formando HCl, HF y haluros de carbonilo Se descompone por efecto del fuego o en contacto con ciertos metales, formando productos tóxicos 	2.2
DICLORODIFLUOROMETANO 75-71-8	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone liberando vapores corrosivos y muy tóxicos (cloruro de hidrógeno; fosgeno; cloro; fluoruro de hidrógeno) • Reacciona violentamente con metales como calcio, magnesio, potasio, sodio, zinc y aluminio en polvo Ataca el magnesio y sus aleaciones 	2.2
DICLOROFLUOROMETANO 75-43-4	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse liberando vapores corrosivos y muy tóxicos (cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno y fosgeno) • Reacciona violentamente con metales químicamente activos Reacciona con ácidos o vapores ácidos liberando vapores muy tóxicos (cloro, flúor) • Ataca algunos tipos de plástico, caucho y revestimientos 	2.2
DICLOROTETRAFLUORETANO 1320-37-2			2.2
1,1-DIFLUORETANO 75-37-6			2.1
DIFLUORODIBROMOMETANO 75-61-6			9
ENFLURANO 13838-16-9		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse o al arder liberando vapores tóxicos y corrosivos (cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, fosgeno) 	
FLUORURO DE VINILIDENO 75-38-7	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia; puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno Pueden generarse cargas electrostáticas por flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Puede formar peróxidos explosivos Puede polimerizarse con peligro de incendio o explosión Al calentarse puede arder violentamente o explotar Se descompone al arder produciendo fluoruro de hidrógeno Reacciona violentamente con oxidantes y cloruro de hidrógeno 	
FLUORURO DE VINILO 75-02-5			2.1

Tabla 104.71 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
HEXAFLUORACETONA 684-16-2			2.3/ 8
1,1,1,2-TETRACLORO-1,2-DIFLUOR- ETANO 76-12-0			2.2
1,1,1,2-TETRACLORO-2,2-DIFLUOR- ETANO 76-11-9			2.2
TETRAFLUOROMETANO 75-73-0	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone formando ácido fluorhídrico 	2.2
TRICLOROFLUOROMETANO 75-69-4	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire El vapor es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone liberando vapores corrosivos y muy tóxicos (cloruro de hidrógeno; fosgeno; cloro; fluoruro de hidrógeno) Reacciona violentamente con metales y algunos metales en polvo, como aluminio, bario, calcio, magnesio y sodio 	
1,1,2-TRICLORO-1,2,2-TRIFLUOR- ETANO 76-13-1	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, causando deficiencia de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone liberando vapores corrosivos y muy tóxicos (carbonilfluoruro; cloruro de hidrógeno; fosgeno; cloro; fluoruro de hidrógeno) Reacciona violentamente con calcio, potasio, sodio y metales en polvo como aluminio, berilio, magnesio y zinc, con peligro de incendio y explosión Ataca aleaciones que contienen más de un 2 % de magnesio 	
TRIFLUOROMETANO 75-46-7			2.2

Tabla 104.72 • Propiedades físicas y químicas.

Denominación química Número CAS	Color/Forma	p.e. (°C)	p.f. (°C)	p.m./ (g/ mol)	Solubilidad en agua	Densidad relativa (agua=1)	Densidad relativa del vapor (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Límit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
BENZOTRIFLUORURO 98-08-8	líquido de color de agua	103,46	-29,05	146,11		1,1886	5,04	11 mm Hg @ 0 °C			12 cc
BROMOTRIFLUOROMETANO 75-63-8	gas incoloro	-57,86	-166	148,92	insol	1,5800	3,8				
1,1,1-CLORODIFLUORETANO 75-68-3	gas incoloro	-9,2	-130,8		9,18 x 10+3 mg/l @ 25 °C	1,194 @ -9 °C		2,528 mm Hg @ 25 °C	6,2 li 17,9 ls		
CLORODIFLUORBROMOMETANO 353-59-3	gas incoloro	-4	-161	165,37	insol	1,850 @ 15 °C (líquido)	5,7				
CLORODIFLUOROMETANO 75-45-6	gas incoloro	-40,8	-146	86,47	muy sol	1,209 @ 21 °C	2,98	908			

Tabla 104.72 • Propiedades físicas y químicas.

Denominación química Número CAS	Color/Forma	p.e. (°C)	p.f. (°C)	p.m./ (g/ mol)	Solubilidad en agua	Densidad relativa (agua=1)	Densidad relativa del vapor (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Limit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
CLOROFUOROMETANO 593-70-4		-9,1	-133	68,48							
CLOROPENTAFLUORETANO 76-15-3	gas incoloro	-38	-106	154,47	insol	1,526 kg/l líquido @ -20 °C	5,54	711,7			
CLOROTRIFLUORETANO 1330-45-6		6,93	-105,5	118,49		1,389 @ 0 °C/4 °C					
CLOROTRIFLUORETILENO 79-38-9	gas incoloro	-27,9	-157,5	116,47		1,305			8,4 li 38,7 ls		
CLOROTRIFLUOROMETANO 75-72-9	gas incoloro	-81,1	-181	104,46	insol	1,3	3,65	2.735 @ 15 °C			
DICLORODIFLUOROMETANO 75-71-8	gas incoloro; gas comprimido licuado	-29,8	-158	120,91	sol	1,486 @ -29,8 °C	4,1	568			
DICLOROFUOROMETANO 75-43-4	gas pesado incoloro	9	-135	102,92	insol	1,405 g/ml @ 9 °C	3,82	160			522
DICLOROTETRAFLUORETANO 1320-37-2	gas incoloro	3,6	-94	170,92	insol	1,455 @ 25 °C					
1,1-DIFLUORETANO 75-37-6	gas incoloro	-24,7	-117	66,05	insol	0,95	2,3	4.437,1 mm Hg @ 25 °C	3,7 li 18 ls		
DIFLUORODIBROMOMETANO 75-61-6	líquido pesado incoloro; gas incoloro	25	-146	209,83	sol	2,288 @ 15 °C/4 °C	7,2				
ENFLURANO 13838-16-9	líquido	56,5			lig sol	1,52					
FLUORURO DE VINILIDENO 75-38-7	gas incoloro	-83	-144	64,04	insol	0,617	2,2	3.600	5,5 li 21,3 ls	Gas infla- mable	
FLUORURO DE VINILO 75-02-5	gas incoloro	-72,2	-160,5	46,05	insol	1,58			2,6 % vol li 21,7 % vol ls		
HALOTANO 151-67-7	líquido volátil incoloro	50,2		197,39	3.900 mg/l	1,871 @ 20 ° C/4 °C		243 mm Hg @ 20 °C			
HEXAFLUORACETONA 684-16-2	gas incoloro	-27	-122	166,03		1,33 g/ml @ 25 °C (líquido)					
HEXAFLUOROPROPILENO 116-15-4	gas	-29,4	-156,2	150,02		1,583 a -40 °C/ 4 °C					
PERFLUORISOBUTILENO 382-21-8	gas	7		200,03		1,5297 @ 0 °C					
TEFLON 9002-84-0	láminas finas transparentes de color blanco grisáceo; sólido blando, ceroso, de color blanco lechoso; polvo blanco					2,25					
1,1,2,2-TETRACLORO-1,2-DI- FLUORETANO 76-12-0	sólido o líquido incoloro	93	25	203,83	insol	1,6447 @ 25 °C/4 °C	7,03	40 torr			

Tabla 104.72 • Propiedades físicas y químicas.

Denominación química Número CAS	Color/Forma	p.e. (°C)	p.f. (°C)	p.m./ (g/ mol)	Solubilidad en agua	Densidad relativa (agua=1)	Densidad relativa del vapor (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Límit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
1,1,1,2-TETRACLORO-2,2-DI- FLUORETANO 76-11-9	sólido o líquido incolore	91,5	40,6	203,82	insol	1,65	7,0	40 mm Hg			
TETRAFLUORETILENO 116-14-3	gas incoloro	-76,3	-142,5	100,02	insol	1,519 @ -76,3 °C	3,87		10,0 li 50,0 ls		180
TETRAFLUOROMETANO 75-73-0	gas incoloro	-127,8	-183,6	88,01	lig sol	3,034 @ 25 °C	3,04				> 1.100
TRICLOROFLUOROMETANO 75-69-4	liquido incoloro	23,7	-111	137,4	1 g / 1 l @ 25 °C	1,494 @ 17,2 °C/ 4 °C (liquido)	4,7	89	no inflamable		
1,1,2-TRICLORO-1,2,2-TRIFLUORETANO 76-13-1	gas incoloro; liquido volátil	47,7	-36,4	187,38	0,017 g/100 g	1,5635 @ 25 °C/4 °C	6,5	36		350	
TRIFLUOROMETANO 75-46-7	gas incoloro	-84,4	-160	70,02	sol	1,52 g/ml @ -100 °C (liquido)		30.000 mm Hg			

PROPIEDADES DE LOS ÉTERES GLICOLICOS

ÉTERES GLICOLICOS

Usos

Los éteres glicólicos se utilizan mucho como disolventes gracias a su solubilidad tanto en agua como en líquidos orgánicos. Sus principales usos son las tintas y colorantes, los esmaltes, las pinturas y como agentes limpiadores para la limpieza en seco y la limpieza de cristales. Estos compuestos se emplean también como disolventes y limpiadores en la fabricación de semiconductores.

Los éteres de etilenglicol se emplean como disolventes de resinas, lacas, pinturas, barnices, tintas y colorantes, y como componentes de pastas de pintura, productos de limpieza, jabones líquidos, cosméticos y líquidos hidráulicos. Los éteres de propilenglicol y butilenglicol sirven como agentes dispersores y como disolventes de lacas, pinturas, resinas, colorantes, aceites y grasas.

El *éter monoetilico de etilenglicol* se utiliza como disolvente en las industrias de lacado, imprenta, metalurgia y química. También se emplea para la tinción y el estampado de tejidos, como agente de acabado del cuero, como anticongelante en los combustibles de los aviones y como componente de decapantes de pinturas y soluciones limpiadoras. El *éter monometílico de dietilenglicol* y el *acetato del éter monobutílico de etilenglicol* se utilizan en la industria como disolventes de alto punto de ebullición. El *éter monometílico de dietilenglicol* se utiliza en tintes para la madera que no resaltan las vetas, en lacas de olores suaves para su aplicación con pincel, en tintas para tampones y en el acabado del cuero. En la industria de las pinturas, se utiliza como agente coalescente para pintura de látex. En la industria textil se utiliza para el estampado de tejidos, como ingrediente de jabones textiles y pastas colorantes, y para fijar la torsión y acondicionar hilos y telas.

El *éter monometílico de dietilenglicol*, el *éter monoetilico de dietilenglicol* y el *éter mono-n-butílico de dietilenglicol* son disolventes que sirven como diluyentes de líquidos hidráulicos para frenos. El *2-fenoxietanol* se utiliza como fijador en perfumes, cosméticos y jabones, como soporte de colorantes para tejidos y como disolvente en productos de limpieza, tintas, germicidas y productos farmacéuticos. El *2-metoxietanol* también es un fijador de perfumes. Se utiliza en la fabricación de películas fotográficas, como anticongelante en combustibles para reactores, como disolvente de las resinas utilizadas en la industria electrónica y para la tinción del cuero. El *2-metoxietanol* y el *éter metílico de propilenglicol* son útiles para el sellado de celofán con disolventes. El *éter mono-n-butílico de etilenglicol* es un disolvente para revestimientos protectores y limpiame-tales. Se utiliza en la industria textil para evitar manchas durante el estampado o la tinción.

Riesgos

En términos generales, los efectos agudos de los éteres glicólicos se limitan al sistema nervioso central y son parecidos a la toxicidad aguda de los disolventes. Estos efectos consisten en mareo, cefalea, confusión, fatiga, desorientación, habla tibuteante y, si son suficientemente intensos, depresión respiratoria y pérdida de consciencia. La exposición durante largos períodos de tiempo produce irritación de la piel, anemia, supresión de la médula ósea, encefalopatía y toxicidad reproductiva. El 2-metoxietanol y el 2-etoxietanol (y sus acetatos) son tóxicos en grado sumo. Debido a su volatilidad relativamente baja, la exposición suele producirse por contacto de la piel con los líquidos o por inhalación de los vapores en espacios cerrados.

La mayoría de los éteres del etilenglicol son más volátiles que sus compuestos precursores y, en consecuencia, resulta menos fácil controlar la exposición a sus vapores. Todos ellos son más tóxicos que el etilenglicol y producen un cuadro sintomatológico parecido.

Eter monometílico de etilenglicol (Metilcellosolve; Dowanol EM; 2-metoxietanol). La DL_{50} del éter monometílico de etilenglicol administrado por vía oral a ratas produce muertes tardías con edema pulmonar, lesiones hepáticas leves y lesiones renales extensas. La insuficiencia renal probablemente sea la causa de la muerte en respuesta a dosis orales repetidas. Este éter glicólico produce una irritación moderada de los ojos, dolor agudo, inflamación de las mucosas y opacidad corneal durante varias horas. Aunque el éter monometílico de etilenglicol no es un irritante cutáneo importante, puede absorberse por vía percutánea en cantidades tóxicas. La experiencia con la exposición humana al éter monometílico de etilenglicol ha demostrado que puede dar lugar a la aparición de leucocitos inmaduros, anemia monocítica y alteraciones neurológicas y de la conducta. Se ha constatado también que la exposición humana por inhalación causa problemas de memoria, cambios de la personalidad, debilidad, letargo y cefalea. En animales, la inhalación de concentraciones mayores puede causar degeneración testicular, lesiones en el bazo y hematuria. Los estudios con animales han demostrado la presencia de anemia y lesiones en el timo y la médula con concentraciones de 300 ppm. También la exposición de animales a concentraciones de 50 ppm produce importantes anomalías fetales durante el embarazo. El efecto más importante para la salud parece ser el que se ejerce en el sistema reproductor humano, con una disminución de la espermatogénesis. Por ello, resulta evidente que el éter monometílico de etilenglicol es un compuesto moderadamente tóxico y que debe evitarse el contacto repetido con la piel y la inhalación de sus vapores.

Eter monoetilico de etilenglicol (disolvente de cellosolve; Dowanol EE; 2-etoxietanol). El éter monoetilico de etilenglicol es menos tóxico que el éter metílico (véase más arriba). Su efecto tóxico más importante lo ejerce en la sangre y rara vez aparecen síntomas neurológicos. Por lo demás, su acción tóxica es similar a la del éter monometílico del etilenglicol. La exposición excesiva puede ocasionar irritación moderada del sistema respiratorio, edema pulmonar, depresión del sistema nervioso central y glomerulitis acusada. En estudios con animales se ha observado fetotoxicidad y teratogenicidad con concentraciones superiores a 160 ppm, así como cambios evidentes de comportamiento en la prole tras exponer a la madre a una concentración de 100 ppm.

Otros éteres de etilenglicol. El éter monobutílico de etilenglicol merece una mención especial por su amplia utilización en la industria. En ratas, se producen muertes en respuesta a una sola dosis oral, que son atribuibles a narcosis, mientras que las muertes tardías se producen por congestión pulmonar e insuficiencia renal. El contacto directo de los ojos con este éter provoca dolor intenso, marcada irritación de la conjuntiva y opacidad corneal, que puede durar varios días. Como en el caso del éter monometílico, el contacto con la piel no ocasiona mucha irritación, pero pueden absorberse cantidades tóxicas por vía percutánea. Los estudios de inhalación han demostrado que las ratas pueden tolerar 30 exposiciones de 7 horas a concentraciones de 54 ppm, pero a 100 ppm aparecen algunas lesiones. A concentraciones superiores, las ratas presentan hemorragia pulmonar, congestión visceral, lesiones hepáticas, hemoglobinuria e intensa fragilidad de los eritrocitos. Se ha detectado fetotoxicidad en ratas expuestas a concentraciones de 100 ppm, pero no a 50 ppm, así como un aumento evidente de la fragilidad de los

eritrocitos por exposición a concentraciones superiores a 50 ppm de éter monobutílico de etilenglicol. Los seres humanos parecen ser algo menos susceptibles que los animales de laboratorio, por la aparente resistencia a su efecto hemolítico. Aunque la exposición a concentraciones por encima de 100 ppm causa cefalea e irritación ocular y nasal en el ser humano, no se aprecian daños en los hematíes.

Tanto el *éter isopropílico* como el *n-propílico* de etilenglicol entrañan riesgos particulares. Estos éteres glicólicos poseen valores bajos de DL₅₀ cuando se administran dosis orales únicas y pueden ocasionar graves lesiones renales y hepáticas. La hematuria es un signo precoz de afectación renal grave. La muerte suele producirse en el plazo de unos pocos días. En el conejo, el contacto ocular produce una rápida irritación de la conjuntiva y opacidad corneal parcial que remite aproximadamente en una semana. Como la mayoría de los demás éteres de etilenglicol, los derivados propílicos sólo son irritantes cutáneos leves, pero pueden absorberse cantidades tóxicas por vía percutánea. Además, son muy tóxicos cuando se inhalan. Afortunadamente, el *éter monoisopropílico de etilenglicol* es un compuesto de escasa importancia comercial.

Eteres de dietilenglicol. Los éteres de dietilenglicol son menos tóxicos que los éteres de etilenglicol, aunque exhiben características similares.

Polietilenglicoles. Los glicoles de trietileno, tetraetileno y polietilenglicoles de cadena larga son compuestos especialmente inocuos con una baja presión de vapor.

Éteres de propilenglicol. El éter monometílico de propilenglicol es relativamente poco tóxico. En ratas, la DL₅₀ en dosis oral única produjo la muerte por depresión generalizada del sistema nervioso central, probablemente con parada respiratoria. La administración de dosis orales repetidas (3 g/kg) durante un período de 35 días, también en ratas, sólo indujo la aparición de alteraciones histopatológicas leves en el hígado y los riñones. El contacto ocular produjo una ligera irritación transitoria. Este compuesto no es un irritante cutáneo importante, pero la aplicación de grandes cantidades sobre la piel del conejo produce depresión del sistema nervioso central. La inhalación de sus vapores no comporta un riesgo importante para la salud. En animales expuestos a exposiciones intensas por inhalación, la muerte parece deberse a narcosis profunda. En el hombre, este éter irrita los ojos y el tracto respiratorio superior a concentraciones que no son peligrosas para la salud, razón por la cual puede decirse que posee algunas propiedades que advierten de su presencia.

Los *éteres de di- y tripropilenglicol* exhiben propiedades toxicológicas similares a las de los derivados monopropilénicos, pero prácticamente no entrañan ningún riesgo por inhalación de los vapores o por contacto con la piel.

Polibutilenglicoles. Los polibutilenglicoles que se han estudiado pueden ocasionar lesiones renales en dosis excesivas, pero no afectan a los ojos ni a la piel, ni se absorben en cantidades tóxicas.

Esteres, diésteres, y éter ésteres acéticos. Estos derivados de los glicoles comunes tienen una especial importancia en virtud de su utilización como disolventes de plásticos y resinas en diversos productos. Muchos explosivos contienen éster de etilenglicol para disminuir el punto de congelación. Por lo que se refiere a su toxicidad, los ésteres de ácidos grasos y éter de glicol son considerablemente más irritantes para las mucosas que los compuestos precursores antes citados. Sin embargo, una vez absorbidos, los ésteres de ácidos grasos poseen propiedades tóxicas prácticamente idénticas a las de los compuestos precursores, ya que se saponifican en medios biológicos para dar el ácido graso y el correspondiente glicol o éter de glicol.

Medidas de salud y seguridad

Las medidas recomendadas para controlar y limitar la exposición a los éteres glicólicos son básicamente las mismas que las adoptadas para controlar la exposición a disolventes, ya comentadas en otros artículos de esta *Enciclopedia*. La sustitución de un material por otro menos tóxico, en caso de ser posible, es siempre un buen punto de partida. Es importante disponer de sistemas eficaces de ventilación para reducir la concentración del material en la zona de respiración. Siempre que exista peligro de explosión o incendio, deberán evitarse las chispas o llamas desnudas y los materiales se almacenarán en recipientes "a prueba de explosiones". Aunque es importante utilizar equipos de protección personal, como respiradores, guantes y prendas protectoras, no conviene depender exclusivamente de ellos. Siempre que exista riesgo de exposición a salpicaduras, se utilizarán gafas protectoras. Los trabajadores que manipulan éter monometílico de etilenglicol deben utilizar gafas de seguridad química y trabajar en áreas con una ventilación adecuada. También se recomienda el uso de protección ocular ante cualquier posibilidad de contacto de los ojos con el éter monobutílico de etilenglicol. Debe evitarse la inhalación de los vapores y el contacto cutáneo, esto último sobre todo cuando se trabaja con 2-metoxietanol y 2-etoxietanol.

TABLAS DE ETÉRES GLICOLICOS

Tabla 104.73 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ACETATO DE ETÉRE ETILICO DE ETILENGLICOL	Cellosolve; Dowanol EE; 2-etoxietanol; etilcellosolve; éter monoetilico de glicol; hidroxietéer UN1171	110-80-5	
ACETATO DE ETÉRE MONOBUTILETILICO DE ETILENGLICOL		112-07-2	
ACETATO DE ETÉRE MONOBUTILICO DE DIETILENGLICOL	Ester 2-(2-butoxi)etilico de ácido acético; acetato de 2-(2-butoxi)etilo; acetato de butilcarbitol; acetato de éter butilico de dietilenglicol;	124-17-4	
ACETATO DE ETÉRE MONOETILICO DE ETILENGLICOL	Acetato de cellosolve; etoxiacetato; acetato de etoxietilo UN1172	111-15-9	
ACETATO DE ETÉRE MONOMETILICO DE ETILENGLICOL	Ester 2-metoxietilico de ácido acético; acetato de éter metilico de etilenglicol; acetato EM de éter glicólico; acetato de éter monometilico de glicol; Mecsac; acetato de 2-metoxietanol; acetato de 2-metoxietilo; acetato de metilcellosolve; acetato de metilglicol; monoacetato de metilglicol UN1189	110-49-6	
1,2-DIMETOXIETANO	Dimetoxietano; dimetilcellosolve; 2,5-dioxahexano; éter etilendimetilico; éter dimetilico de etilenglicol UN2252	110-71-4	
ETÉRE DIETILICO DE DIETILENGLICOL	Eter bis-(2-etoxietilico); dietilcarbitol; 3,6,9-trioxaundecano	112-36-7	
ETÉRE DIETILICO DE ETILENGLICOL	1,2-Dietoxietano; dietilcellosolve; éter dietilico de glicol UN1153	629-14-1	
ETÉRE DIGLICIDILICO DE 1,4-BUTANODIOL	1,4-Bis-(2,3-epoxipropoxi)butano; 1,4-bis-(glicidilo)butano; éter diglicidilico de 1,4-butano; éter diglicidilico de butanodiol; éter diglicidilico de butano-1,4-diol; 2,2'-(1,4-butanodilbis(oximetileno))bisoxirano; 1,4-diglicidoloxibutano	2425-79-8	
ETÉRE DIGLICIDILICO DE DIETILENGLICOL	Eter bis-(2-(2,3-epoxipropoxi)etilico); 2,2'-(oxibis-(2,1-etanodiloximetileno))-bis-(9Cl)-oxirano; 2,2'-(oxibis-(2,1-etanodiloximetileno))-bisoxirano	4206-61-5	
ETÉRE FENILICO DE ETILENGLICOL	Arosol; Dowanol EP; Dowanol EPH; 2-fenoxietanol; éter monofenólico de glicol; fenilcellosolve	122-99-6	
ETÉRE METILICO DE DIPROPILENGLICOL	Arcosolve; dipropileno Dowanol DPM; Dowanol-50B; 1-(2-metoxiisopropoxi)-2-propanol	34590-94-8	

Tabla 104.73 • Identificación química.

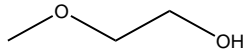
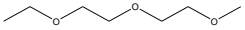
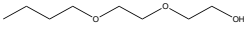
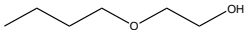
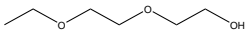
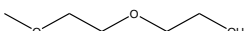
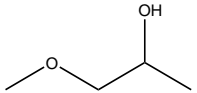
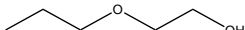
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ETER METILICO DE ETILENGLICOL	Eter glicólico monometílico; 2-metoxietanol; metoxihidroxietano; metilcellosolve UN1188	109-86-4	
ETER 2-METOXIETILICO DE 2-ETOXIETILO	Eter etilmetílico de dietilenglicol	1002-67-1	
ETER MONOBUTILICO DE DIETILENGLICOL	Butoxidietilenglicol; butoxidiglicol; 2-(2-butoxi)etanol; butilcarbitol; éter glicol-n-butílico; éter monobutílico de diglicol	112-34-5	
ETER MONOBUTILICO DE ETILENGLICOL	Butoxi)etanol; butilcellosolve; 2-butoxi)etanol; éter butílico de glicol; éter monobutílico de glicol; éter monobutílico glicólico UN2369	111-76-2	
ETER MONOETILICO DE DIETILENGLICOL	Carbitol cellosolve; dietilenglicol etílico; 2-(2-etoxi)etanol	111-90-0	
ETER MONOMETILICO DE DIETILENGLICOL	Eter monometílico de glicol dietilénico; Dowanol DM; éter monometílico de etilendiglicol; metoxidiglicol	111-77-3	
ETER MONOMETILICO DE PROPILENGLICOL	Eter glicólico PM; metoxiéter del propilenglicol; 1-metoxi-2-propanol; disolvente Proposal M; éter metílico de propilenglicol; éter monometílico de propilenglicol UN3092	107-98-2	
ETER MONOPROPILICO DE ETILENGLICOL	Ektasolve EP; 2-propoxi)etanol; propilcellosolve	2807-30-9	

Tabla 104.74 • Riesgos para la salud.

Denominación química Número CAS	Tarjetas Internacionales sobre la Seguridad de los Productos Químicos				NIOSH (EE.UU.)	
	Período corto de exposición	Período largo de exposición	Vías de exposición	Síntomas	Organos afectados Vías de entrada	Síntomas
ACETATO DE ETER ETILICO DE ETILENGLICOL 111-15-9	SNC; sangre	higado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, sopor, cefalea, náuseas, disnea, dolor de garganta, vómitos Puede absorberse, mareo, cefalea, náuseas y vómitos Visión borrosa Dolor abdominal, sopor, cefalea, náuseas, vómitos	Sis resp; ojos; tract GI; sis repro; sis hemat Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz; vómit; lesiones renales; pará; en animales: efectos repro, terato
ACETATO DE ETER MONOBUTILICO DE ETILENGLICOL 112-07-2	ojos; piel; tract resp; riñones; sangre	piel; higado; médula osea	Inhalación Piel Ojos	Tos, cefalea, náuseas Enrojecimiento Enrojecimiento	Ojos; piel; sis resp; SNC; sis hemato; sangre; riñones; higado; sis linf Inh	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; hemólisis, hemog; depres SNC, cef, vómit

Tabla 104.74 • Riesgos para la salud.

Denominación química Número CAS	Tarjetas Internacionales sobre la Seguridad de los Productos Químicos				NIOSH (EE.UU.)	
	Período corto de exposición	Período largo de exposición	Vías de exposición	Síntomas	Organos afectados Vías de entrada	Síntomas
ACETATO DE ETER MONOMETILICO DE ETILENGLICOL 110-49-6	SNC	piel; hígado; riñones; sangre	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Confusión, mareo, cefalea, náuseas, inconsciencia, vómitos, debilidad Vértigos, dolor de cabeza, náuseas, vómitos Visión borrosa Dolor abdominal, sensación de quemazón, confusión, mareo, cefalea, náuseas, inconsciencia	Ojos; sis resp; riñones; cerebro; SNC; SNP; sis repro; sis hemato Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz, garganta; lesiones renales, cerebrales; en animales: narco; efectos repro, terato
ETER DIETILICO DE DIETILENGLICOL 112-36-7	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos Enrojecimiento Enrojecimiento Diarrea, cefalea, náuseas, vómitos		
ETER DIGLICIDILICO DE 1,4-BUTANODIOL	ojos; pies; tract resp; pulmones	piel				
ETER DIGLICIDILICO DE DIETILENGLICOL 4206-61-5	pulmones	piel; SNC; sangre; riñones				
ETER FENILICO DE ETILENGLICOL 122-99-6	ojos; piel		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, dolor de garganta		
ETER METILICO DE DIPROPILENGLICOL 34590-94-8			Piel	Sequedad de piel	Sis resp; ojos; SNC Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz, garganta; deb, atur, cef
ETER METILICO DE ETILENGLICOL 109-86-4	ojos; tract resp; SNC; hígado; riñones		Inhalación Piel Ojos	Confusión, mareo, cefalea, náuseas, inconsciencia, vómitos, debilidad Puede absorberse Visión borrosa	Ojos; sis resp; SNC; sangre; riñones; sis repro; sis hemato Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz, garganta; cef, sop, deb; ataxia, temblores, som; palidez anémica, en animales: efectos repro, terato
ETER MONOBUTILICO DE DIETILENGLICOL 112-34-5	ojos; piel; SNC	piel	Piel Ojos Ingestión	Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Cefalea, inconsciencia, vómitos		
ETER MONOBUTILICO DE ETILENGLICOL 111-76-2	ojos; piel; tract resp; SNC; hígado; riñones	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, sopor, cefalea, náuseas Puede absorberse, sequedad de piel Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor abdominal, diarrea, náuseas, vómitos	Hígado; riñones; sis linf; piel; sangre; ojos; sis resp; sist hemato; SNC Inh; abs; ing; con.	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; hemólisis, hemog; depres SNC, cef, vómit
ETER MONOETILICO DE DIETILENGLICOL 111-90-0	pulmones	piel				
ETER MONOMETILICO DE DIETILENGLICOL 111-77-3	ojos; piel; tract resp	piel; pulmones; puede deteriorar la fertilidad masculina	Piel Ojos	Enrojecimiento, aspereza Enrojecimiento		
ETER MONOMETILICO DE PROPILENGLICOL 107-98-2	ojos; piel; tract resp; nariz; garganta; SNC		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor, cefalea, náuseas Sequedad de piel, enrojecimiento Lagrimo, enrojecimiento Diarrea, sopor, cefalea, náuseas, vómitos, descoordinación o posible inconsciencia	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; cef, náu, atur, sop, desco, vómit, diarr.

Tabla 104.74 • Riesgos para la salud.

Denominación química Número CAS	Tarjetas Internacionales sobre la Seguridad de los Productos Químicos				NIOSH (EE.UU.)	
	Período corto de exposición	Período largo de exposición	Vías de exposición	Síntomas	Organos afectados Vías de entrada	Síntomas
ETER MONOPROPILICO DE ETILENGLICOL 2807-30-9	ojos; piel; tract resp; pulmones	sangre; bazo; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Confusión, tos, cefalea, náuseas, dolor de garganta, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, sensación de quemazón Enrojecimiento, dolor Confusión, diarrea, cefalea, náuseas, vómitos		
2-ETOXIETANOL 110-80-5	ojos; piel; tract resp; SNC; hígado; riñones	piel; fertilidad masculina; defectos congénitos	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, sopor, cefalea, disnea, dolor de garganta, debilidad Puede absorberse Visión borrosa Dolor abdominal, náuseas, vómitos	Sis resp; ojos; sangre; riñones; hígado; sis repro; sis hemato Inh; abs; ing; con	En animales: irrit ojos, sis resp; cambios hemáticos; lesiones hepáticas, renales, pulmonares; efectos repro, terato

Tabla 104.75 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ACETATO DE ETER ETILICO DE ETILENGLICOL 111-15-9	• El vapor es más pesado que el aire	• Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	3
ACETATO DE ETER MONOBUTILICO DE ETILENGLICOL 112-07-2	• El vapor se mezcla bien con el aire	• Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	
ACETATO DE ETER MONOMETILICO DE ETILENGLICOL 110-49-6			3
ETER DIETILICO DE DIETILENGLICOL 112-36-7		• Puede formar peróxidos explosivos • Al calentarse o al arder, produce humos acres y vapores irritantes • Reacciona con oxidantes fuertes	
ETER DIETILICO DE ETILENGLICOL 629-14-1			3
ETER FENILICO DE ETILENGLICOL 122-99-6	• El vapor es más pesado que el aire	• Reacciona con oxidantes	
ETER METILICO DE DIETILENGLICOL 111-77-3		• Presumiblemente puede formar peróxidos explosivos • Reacciona con oxidantes fuertes	
ETER METILICO DE DIPROPILENGLICOL 34590-94-8		• Presumiblemente puede formar peróxidos explosivos en contacto con el aire • Reacciona violentamente con oxidantes fuertes	
ETER METILICO DE ETILENGLICOL 109-86-4		• Puede formar peróxidos explosivos • Se descompone al arder y en contacto con cáusticos fuertes, produciendo vapores tóxicos • Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	3
ETER MONOBUTILICO DE DIETILENGLICOL 112-34-5		• Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	
ETER MONOBUTILICO DE ETILENGLICOL 111-76-2		• Puede formar peróxidos explosivos • Se descompone liberando vapores tóxicos • Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	6.1
ETER MONOMETILICO DE PROPILENGLICOL 107-98-2		• Presumiblemente puede formar peróxidos explosivos • Reacciona con oxidantes fuertes	

Tabla 104.75 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ETER MONOPROPILICO DE ETILENGLICOL 2807-30-9	• El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras de suelo; posibilidad de ignición a distancia		
2-ETOXIETANOL 110-80-5		• Puede formar peróxidos explosivos • Se descompone al arder liberando vapores tóxicos • Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión • Ataca muchos plásticos y caucho	3

Tabla 104.76 • Propiedades físicas y químicas.

Denominación química Número CAS	Color/Forma	p.e. (°C)	p.f. (°C)	p.m./ (g/ mol)	Solubilidad en agua	Densidad relativa (agua=1)	Densidad relativa del vapor (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Limit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
ACETATO DE ETER ETILICO DE ETILENGLICOL 111-15-9	líquido incoloro	156	-61,7	132,2	muy sol	0,9740	4,72	0,16	1,7 li 13,0 ls	52 cc	379
ACETATO DE ETER MONOBUTILICO DE DIETILENGLICOL 124-17-4	líquido transparente	245	-32	204,30	sol	0,985		< 0,01 mm Hg			
ACETATO DE ETER MONOBUTILICO DE ETILENGLICOL 112-07-2	líquido incoloro	192,3	-64,5	160,24	1,1 g/100 g	0,9422	5,5	30-40 Pa	0,88 @ 93 °C li 8,54 @ 135 °C ls	71 cc	340
ACETATO DE ETER MONOMETILICO DE ETILENGLICOL 110-49-6	líquido incoloro	143	-65,1	118,13	muy sol	1,0090 @ 19 °C/ 19 °C	4,1	0,44	1,7 li 8,2 ls	45 cc	394
ETER DIETILICO DE DIETILENGLICOL 112-36-7	líquido incoloro	189	-44,3	162,22	muy sol	0,907	5,6	79 Pa		71 cc	174
ETER DIETILICO DE DIETILENGLICOL 629-14-1	líquido incoloro	123,5	-74	118,2	2 %	0,8484	4,07	9,4 mm Hg			
ETER DIGLICIDILICO DE 1,4-BUTANODIOL 2425-79-8		266		-202,28		1,1 @ 25 °C					
ETER FENILICO DE ETILENGLICOL 122-99-6	líquido oleaginoso; líquido incoloro	245	14	138,16	insol	1,1094	4,8	5,2	1,4 li 9,0 ls	121	
ETER METILICO DE DIPROPILENGLICOL 34590-94-8	líquido incoloro	190	-80	148,2	misc	0,95 @ 25 °C	5,11	53,2 Pa @ 26 °C	1,3 li 10,4 ls	85 cc	270
ETER METILICO DE ETILENGLICOL 109-86-4	líquido incoloro	125	-85,1	76,09	misc	0,9647	2,62	0,83	2,3 li 24,5 ls	42 cc	285
ETER MONOBUTILICO DE DIETILENGLICOL 112-34-5	líquido incoloro	230,4	-68,1	162,2	misc	0,9553	5,58	2,99 Pa		78	225

Tabla 104.76 • Propiedades físicas y químicas.

Denominación química Número CAS	Color/Forma	p.e. (°C)	p.f. (°C)	p.m./ (g/ mol)	Solubilidad en agua	Densidad relativa (agua=1)	Densidad relativa del vapor (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Límit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
ETER MONOBUTILICO DE ETILENGLICOL 111-76-2	líquido incoloro	171-172	-75	118,2	misc	0,9015	4,1	0,10	1,1 @ 93 °C li 12,7 @ 135 °C ls	61 cc	238
ETER MONOETILICO DE DIETILENGLICOL 111-90-0	líquido incoloro	196		134,17	misc	0,9881	4,62	19 Pa @ 25 °C	1,2 @ 135 °C li 23,5 @ 182 °C ls	96 ca	204
ETER MONOMETILICO DE DIETILENGLICOL 111-77-3	líquido incoloro	193	< -84	120,1	misc	1,0270	4,14	30 Pa	1,6 li 18,1 ls	93 ca	215
ETER MONOMETILICO DE PROPILENGLICOL 107-98-2	líquido incoloro	118-118,5 @ 740 mm Hg	-96,7	90,1	muy sol	0,9620	3,11	1,6	1,6 li 13,8 ls	38 ca	
ETER MONOPROPILICO DE ETILENGLICOL 2807-30-9	líquido volátil	149,8	< -70	104,1	sol	0,9112	3,6	200 Pa	5,5 li 23 ls	49	230
2-ETOXIETANOL 110-80-5	líquido incoloro	135	-70	90,12	muy sol	0,9297	3,1	0,5	1,7 @ 93 °C li 15,6 @ 93 °C ls	44 cc	235

PROPIEDADES DE LOS GLICEROL Y GLICOLES

GLICEROL Y GLICOLES

Usos

Muchas de las aplicaciones industriales de los glicoles y los glicerol se basan en su propiedad de ser disolventes orgánicos completamente hidrosolubles. Estos compuestos se utilizan como disolventes de colorantes, pinturas, resinas, tintas, insecticidas y productos farmacéuticos. Además, los dos grupos hidroxilo químicamente reactivos hacen de los glicoles intermediarios químicamente importantes. Entre los muchos usos de los glicoles y poliglicoles, los más importantes son la disminución del punto de congelación, la lubricación y la solubilización. Los glicoles se emplean también como aditivos alimentarios directos o indirectos y como ingredientes en la preparación de explosivos y resinas alquídicas, humos teatrales y cosméticos.

El *propilenglicol* se utiliza mucho en productos farmacéuticos, en cosméticos, como humectante de ciertos alimentos y como lubricante. También se emplea como líquido de transferencia de calor cuando existe el riesgo de que una fuga pueda entrar en contacto con alimentos; por ejemplo, refrigerantes para equipos de refrigeración de productos lácteos. También se utiliza como disolvente de colorantes y aromas alimentarios, como anticongelante en fábricas cerveceras y establecimientos y como aditivo para mejorar la estabilidad de las pinturas de látex frente a la congelación-descongelación. El *propilenglicol*, el *etilenglicol* y el *1,3-butanodiol* son componentes de líquidos descongelantes utilizados en aeronáutica. El *tripropilenglicol* y el *2,3-butanodiol* son disolventes de colorantes. Los butanodiolos (butilenglicoles) se utilizan en la producción de resinas de poliéster.

El *etilenglicol* se emplea como anticongelante en sistemas de refrigeración y calefacción, como disolvente en las industrias de pinturas y plásticos y como ingrediente de los líquidos descongelantes utilizados en las pistas de los aeropuertos. Se utiliza en líquidos hidráulicos para frenos, en la dinamita de bajo punto de congelación, en tintes para madera, en adhesivos, en tintes para el cuero y en el tabaco. También sirve como deshidratante del gas natural, como disolvente de tintas y pesticidas y como ingrediente de condensadores electrolíticos. El *dielenglicol* es un humectante para el tabaco, la caseína, las esponjas sintéticas y los productos de papel. También se encuentra en compuestos de corcho, adhesivos de encuadernación, líquidos de freno, lacas de barnizado, cosméticos y soluciones anticongelantes para sistemas de aspersión. El *dielenglicol* se utiliza en las juntas hidráulicas de los depósitos de gas, para la lubricación y el acabado de tejidos, como disolvente de colorantes de tina y como agente deshidratante del gas natural. El *trietilenglicol* es un disolvente y lubricante para el teñido y la estampación de tejidos. También se utiliza para la desinfección del aire y para mejorar la flexibilidad de algunos plásticos. El *trietilenglicol* sirve como humectante en la industria del tabaco y es un producto químico intermedio en la fabricación de plastificantes, resinas, emulsionantes, lubricantes y explosivos.

La versatilidad del *glicerol* se refleja en los casi 1.700 usos de este compuesto y sus derivados. El *glicerol* se utiliza en alimentos, productos farmacéuticos, artículos de perfumería y cosméticos. La naturaleza higroscópica de esta sustancia hace que sea ideal para su uso como humectante en muchos productos, como, por ejemplo, el tabaco, el hielo, las cremas dérmicas y las pastas de dientes, productos todos ellos que, de otra forma, podrían deteriorarse durante su almacenamiento a causa de la desecación.

Además, el *glicerol* es un lubricante que se añade a los chicles para facilitar su procesado, un plastificante del coco defibrado húmedo y un aditivo para mantener la humedad y suavidad de los productos farmacéuticos. Se emplea para evitar la formación de escarcha en los parabrisas y como anticongelante para automóviles, gasómetros y gatos hidráulicos. No obstante, el principal uso del *glicerol* es en la producción de resinas alquídicas para revestimientos superficiales. Estos se preparan condensando *glicerol* con un ácido dicarboxílico o anhídrido (normalmente anhídrido ftálico) y ácidos grasos. Otra aplicación importante del *glicerol* es la producción de explosivos, entre ellos la nitroglicerina y la dinamita.

Glicerol

El *glicerol* es un alcohol trihídrico y experimenta todas las reacciones características de los alcoholes. Los grupos hidroxilo poseen diversos grados de reactividad, siendo más reactivos los que ocupan las posiciones 1 y 3 que los de la posición 2. Aprovechando estas diferencias de reactividad y variando la proporción de los reactivos, se pueden obtener mono-, di- o tri-derivados. El *glicerol* se obtiene mediante hidrólisis de grasas o sintéticamente a partir del propileno. Los principales componentes de casi todos los aceites y grasas animales y vegetales son triglicéridos de ácidos grasos.

La hidrólisis de esos glicéridos produce ácidos grasos libres y *glicerol*. Se emplean dos técnicas: la hidrólisis alcalina (saponificación) y la hidrólisis neutra (fraccionamiento). En la saponificación, la grasa se hierve con hidróxido sódico y cloruro sódico, dando lugar a la formación de *glicerol* y sales sódicas de los ácidos grasos (jabones).

En la hidrólisis neutra, las grasas se hidrolizan en un horno o un autoclave a alta presión en un proceso semicontinuo o por lotes, o también en una torre a alta presión mediante una técnica de contracorriente continua. Existen dos procesos principales para la síntesis de *glicerol* a partir de propileno. En el primero, se trata el propileno con cloro para obtener cloruro de alilo, el cual reacciona con una solución de hipoclorito sódico para dar *glicerol*-diclorohidrina, a partir de la cual se obtiene el *glicerol* por hidrólisis alcalina. El segundo proceso consiste en oxidar el propileno para formar acroleína, la cual se reduce a alcohol alílico. Este compuesto puede hidroxilarse con peróxido de hidrógeno en solución acuosa para obtener *glicerol* directamente, o tratarse con hipoclorito sódico para obtener *glicerol*-monoclorohidrina que más tarde, mediante hidrólisis alcalina, se convierte en *glicerol*.

Riesgos

El *glicerol* es muy poco tóxico (en el ratón, la DL_{50} por vía oral es de 31,5 g/kg) y en general se le considera inofensivo en las condiciones normales de uso. La *glicerina* produce una leve diuresis en individuos sanos que reciben una única dosis oral igual o inferior a 1,5 g/kg. Los efectos nocivos que produce la administración oral de *glicerina* consisten en un ligero dolor de cabeza, mareo, náuseas, vómitos, sed y diarrea.

Cuando el *glicerol* se presenta en forma de niebla, la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) lo ha clasificado como "partícula molesta", asignándole un TLV de 10 mg/m³. Además, la reactividad del *glicerol* le hace peligroso y propenso a explotar en contacto con oxidantes fuertes como el permanganato potásico, el clorato potásico, etc. Por ello, nunca debe almacenarse cerca de ese tipo de sustancias.

Los glicoles y sus derivados

Los glicoles de interés comercial son compuestos alifáticos que poseen dos grupos hidroxilo por molécula. Son líquidos viscosos, incoloros y prácticamente inodoros. El etilenglicol y el dietilenglicol son los más importantes de todos los glicoles y sus derivados. Al final de este artículo se comenta la toxicidad y los riesgos que comportan ciertos grupos y compuestos importantes. Ninguno de los glicoles ni sus derivados estudiados han demostrado ser mutágenos, cancerígenos o teratógenos.

Los glicoles y sus derivados son líquidos inflamables. Sin embargo, sus puntos de ignición están por encima de la temperatura ambiente normal y sus vapores alcanzan concentraciones situadas dentro del rango inflamable o explosivo sólo cuando se calientan (p. ej., en hornos), razón por la cual entrañan un riesgo moderado de incendio.

Síntesis. El etilenglicol se produce para fines comerciales mediante oxidación al aire de etileno, seguida por la hidratación del óxido de etileno resultante. El dietilenglicol se obtiene como subproducto de la producción de etilenglicol. De manera similar, el propilenglicol y el 1,2-butanodiol se obtienen mediante hidratación del óxido de propileno y del óxido de butileno, respectivamente. El 2,3-butanodiol se obtiene mediante hidratación del 2,3-epoxibutano; el 1,3-butanodiol se obtiene mediante hidrogenación catalítica del aldol utilizando níquel Raney; y el 1,4-butanodiol se obtiene mediante reacción del acetileno con formaldehído, seguida de hidrogenación del 2-butino-1,4-diol resultante.

Riesgos de los glicoles comunes

Etilenglicol. La toxicidad oral del etilenglicol en animales es muy baja. Sin embargo, basándose en la experiencia clínica se ha estimado que la dosis letal para el ser humano adulto es de unos 100 cm³ o alrededor de 1,6 g/kg, lo que indicaría que su potencia tóxica es mayor en el hombre que en los animales de laboratorio. Esta toxicidad se debe a los metabolitos, que varían según las diferentes especies. Los efectos típicos de la ingesta oral excesiva de etilenglicol son narcosis, depresión del centro respiratorio y afectación renal progresiva. Se han mantenido monos durante 3 años con dietas que contenían entre un 0,2 y un 0,5 % de etilenglicol, sin que aparecieran efectos nocivos; en la vejiga de estos animales no se encontraron tumores, pero sí cristales de oxalato y litiasis. El etilenglicol generalmente produce una leve irritación de los ojos y la piel, pero en cantidades tóxicas, puede absorberse a través de la piel. La exposición de ratas y ratones durante 8 horas al día a lo largo de 16 semanas a concentraciones de entre 0,35 y 3,49 mg/l no provocó lesiones orgánicas. A las concentraciones más altas, se formaron nieblas y gotas. Según eso, la exposición repetida del hombre a estos vapores a temperatura ambiente no parece entrañar ningún riesgo importante. En condiciones industriales razonables, ni la inhalación de vapores de etilenglicol a temperatura ambiente, ni el contacto oral o cutáneo, parecen comportar un riesgo marcado. No obstante, la inhalación de etilenglicol calentado o vigorosamente agitado (con formación de niebla), el contacto cutáneo importante o la ingestión durante períodos prolongados, podrían generar riesgos profesionales. El principal riesgo del etilenglicol para la salud está relacionado con la ingestión de grandes cantidades de este producto.

Dietilenglicol. El dietilenglicol es muy similar al etilenglicol en cuanto a su toxicidad, si bien no produce ácido oxálico y es más directamente tóxico para los riñones que el etilenglicol. Los síntomas característicos de la ingesta de dosis excesivas consisten en diuresis, sed, pérdida de apetito, narcosis, hipotermia, insuficiencia renal y muerte, dependiendo del grado de exposición. Ratones y ratas expuestos a concentraciones de dietilenglicol de 5 mg/m³ durante períodos de entre 3 y 7 meses experimentaron cambios en los sistemas nervioso central y endocrino y en sus órganos internos, así como otros cambios patológicos. Aunque el dietilenglicol no plantea problemas para la salud en la práctica, los animales alimentados con altas dosis de etilenglicol presentaron litiasis vesical y tumores, probablemente secundarios a las litiasis. Las litiasis podrían deberse al monoetilenglicol presente en las muestras. Al igual que el etilenglicol, el dietilenglicol no parece comportar un riesgo importante por inhalación de vapores a temperatura ambiente, ni por contacto cutáneo u oral en condiciones industriales razonables.

Propilenglicol. El propilenglicol es poco tóxico e higroscópico. En un estudio de 866 sujetos humanos resultó ser un irritante primario en algunas personas, probablemente por deshidratación. También puede provocar reacciones cutáneas alérgicas en más de un 2 % de personas con eczema. La exposición prolongada de animales a atmósferas saturadas con propilenglicol no produce efectos detectables. Por su baja toxicidad, el propilenglicol se utiliza mucho en preparados farmacéuticos, cosméticos y, con ciertas limitaciones, en productos alimenticios.

El *dipropilenglicol* es muy poco tóxico. No irrita la piel ni los ojos y, por su baja presión de vapor y su escasa toxicidad, no plantea problemas en caso de inhalación a menos que se calienten grandes cantidades en el interior de un espacio cerrado y de dimensiones reducidas.

Butanodiolos. Existen cuatro isómeros, todos ellos solubles en agua, alcohol etílico y éter etílico. Son poco volátiles, de manera que su inhalación no plantea problemas en condiciones industriales normales. Con excepción del isómero 1,4-, los butanodiolos no comportan riesgos industriales significativos.

En ratas, la exposición oral masiva por vía oral a *1,2-butanodiol* provoca narcosis profunda e irritación del tracto digestivo, pudiendo aparecer también necrosis congestiva renal. Se piensa que la muerte puede sobrevenir por narcosis o bien, de forma tardía, por una insuficiencia renal progresiva. El contacto de los ojos con *1,2-butanodiol* puede provocar lesiones en la córnea pero, en cambio, el contacto prolongado con la piel suele ser inocuo por lo que se refiere a irritación primaria y toxicidad por absorción. No se han descrito efectos nocivos por la inhalación de vapores.

El *1,3-butanodiol* carece prácticamente de toxicidad, salvo en dosis orales masivas, que producen narcosis.

Se sabe poco acerca de la toxicidad del *2,3-butanodiol*, pero los escasos estudios animales publicados parecen indicar que ocupa un lugar intermedio entre los butanodiolos 1,2- y 1,3-.

Las pruebas de toxicidad aguda realizadas indican que el *1,4-butanodiol* es unas ocho veces más tóxico que el isómero 1,2-. La ingestión aguda produce narcosis grave y posibles lesiones renales. La muerte probablemente se deba al fracaso de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático. No es un irritante primario, ni se absorbe fácilmente por vía percutánea.

TABLAS DE GLICOLES Y GLICEROLES

Tabla 104.77 Identificación química.


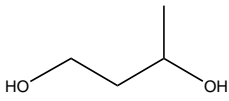

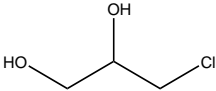
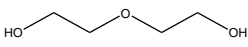
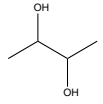
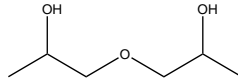
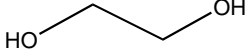
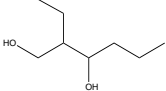

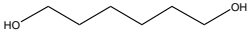
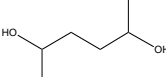
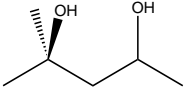
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
1,2-BUTANODIOL	1,2-Butilenglicol	584-03-2	
1,3-BUTANODIOL	Butano-1,3-diol; -butilenglicol; 1,3-butilenglicol; 1,3-dihidroxibutano; metiltrimetilenglicol	107-88-0	
1,4-BUTANODIOL	Butanodiol; butano-1,4-diol; 1,4-butilenglicol; 1,4-dihidroxibutano; tetrametileno-1,4-diol; 1,4-tetrametilenglicol	110-63-4	
3-CLORO-1,2-PROPANODIOL	Clorohidrina; clorodesoxiglicerol; 1-cloro-2,3-dihidroxiopropano; 3-cloro-1,2-dihidroxiopropano UN2689	96-24-2	
DIETILENGLICOL	Eter bis-(2-hidroxiético); éter dihidroxidietílico; éter 2,2'-dihidroxiético; etilendiglicol; éter glicólico; éter etílico de glicol; 3-oxapentano-1,5-diol; 3-oxa-1,5-pentanodiol; 2,2'-oxibis-etanol; 2,2'-oxidietanol	111-46-6	
DIMETILENGLICOL	2,3-Butanodiol; 2,3-butilenglicol; 2,3-dihidroxibutano	513-85-9	
DIPROPILENGLICOL	Eter 2,2'-dihidroxiisopropílico; éter 2,2'-dihidroxiisopropílico; 1,1'-oxidi-2-propanol	110-98-5	
ETILENGLICOL	1,2-Dihidroxietano; 1,2-etandiol; 1,2-etanodiol; etano-1,2-diol; alcohol etilénico; dihidrato etilénico; glicol; alcohol glicólico; monoetilenglicol	107-21-1	
2-ETIL-1,3-HEXANODIOL	Etilhexanodiol; 2-etilhexano-1,3-diol; 2-etilhexanodiol-1,3; etilhexilenglicol; 2-etil-3-propil-1,3-propanodiol; 3-hidroximetil-n-heptano-4-ol; octilenglicol	94-96-2	
GLICEROL	Glicerina; alcohol glicólico; 1,2,3-propanotriol; Star; Superol; glicerina sintética; trihidroxipropano; 1,2,3-trihidroxipropano	56-81-5	
1,6-HEXANODIOL	Hexametilenglicol	629-11-8	
2,5-HEXANODIOL		2935-44-6	
HEXILENGLICOL	2,4-Dihidroxi-2-metilpentano; 2-metilpentano-2,4-diol; 2-metil-2,4-pentanodiol	107-41-5	

Tabla 104.77 Identificación química.

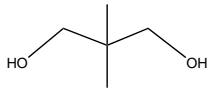
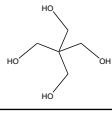
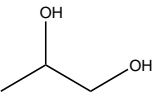
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
NEOPENTILGLICOL	Dimetilolpropano; 2,2-dimetil-1,3-propanodiol; dimetiltrimetilenglicol	126-30-7	
PENTAERITRITOL	2,2-Bis-(hidroximetil)-1,3-propanodiol; pentaeritrito; tetrahidroximetilmetano; tetrametilolmetano	115-77-5	
PROPILENGLICOL	1,2-Dihidroxiopropano; metiltilenglicol; glicol metílico; monopropilenglicol; 1,2-propanodiol	57-55-6	

Tabla 104.78 • Riesgos para la salud.

Denominación química Número CAS	Tarjetas Internacionales sobre la Seguridad de los Productos Químicos				NIOSH (EE.UU.)	
	Período corto de exposición	Período largo de exposición	Vías de exposición	Síntomas	Organos afectados Vías de entrada	Síntomas
1,3-BUTANODIOL 107-88-0	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos	Tos Enrojecimiento Picores		
1,4-BUTANODIOL 110-63-4	ojos; tract resp; SNC; riñones		Inhalación Ojos Ingestión	Tos, mareo, cefalea, inconsciencia Enrojecimiento, irritación Inconsciencia		
DIETILENGLICOL 111-46-6	ojos; piel; tract resp; SNC; higado; riñones	higado; riñones	Piel Ojos Ingestión	Enrojecimiento Enrojecimiento Confusión, diarrea, mareo, sopor náuseas, inconsciencia, vómitos		
DIPROPILENGLICOL 110-98-5	ojos; piel; tract resp	piel	Inhalación Piel Ojos	Tos Enrojecimiento Enrojecimiento		
ETILENGLICOL 107-21-1	ojos; piel; tract resp; riñones; SNC	SNC; ojos	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, mareo, cefalea Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento Dolor abdominal, embotamiento, náuseas, inconsciencia, vómitos	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; náu, vómi, dolor abdom; deb; mar, estupor, convuls, depres SNC; sens cutánea
1,6-HEXANODIOL 629-11-8	ojos; tract resp		Inhalación Ojos	Tos Irritación, enrojecimiento		
2,5-HEXANODIOL 2935-44-6	ojos; piel; tract resp	piel; SNC				
HEXILENGLICOL 107-41-5	ojos; piel	piel; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento Espasmos abdominales, diarrea, náuseas, vómitos	Ojos; piel; sis resp Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; cef, mar, náu, desco, depres SNC; derm, sens cutánea
NEOPENTILGLICOL 126-30-7	ojos; piel; tract resp; pulmones	pulmones; riñones				
PROPILENGLICOL 57-55-6	ojos		Ojos	Dolor		

Tabla 104.79 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
1,4-BUTANODIOL 110-63-4		• En su combustión libera vapores tóxicos (CO) • Reacciona con oxidantes fuertes	
DIETILENGLICOL 111-46-6		• Reacciona violentamente con oxidantes fuertes • Ataca muchos plásticos	
ETILENGLICOL 107-21-1		• En su combustión libera gases tóxicos • Reacciona con oxidantes fuertes y bases fuertes	
1,6-HEXANODIOL 629-11-8	• Posibilidad de explosión pulverulenta cuando se encuentra en forma granular o en polvo y se mezcla con el aire	• En su combustión libera gases tóxicos	
HEXILENGLICOL 107-41-5		• Se polimeriza • Reacciona con oxidantes fuertes	
PROPILENGLICOL 57-55-6	• El vapor es más pesado que el aire	• Reacciona con oxidantes fuertes, p. ej., perclorato de potasio, con peligro de incendio y explosión	

Tabla 104.80 • Propiedades físicas y químicas.

Denominación química Número CAS	Color/Forma	p.e. (°C)	p.f. (°C)	p.m./ (g/ mol)	Solubilidad en agua	Densidad relativa (agua=1)	Densidad relativa del vapor (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Limit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
1,3-BUTANODIOL 107-88-0	líquido viscoso; el compuesto puro es incoloro	207,5	< 50	90,12	sol	1,002	3,2	8 Pa		121	394
1,4-BUTANODIOL 110-63-4	líquido viscoso e incoloro	230	20,1	90,12	misc	1,0171	3,1	0,13 @ 37,7 °C		121 ca	350
DIETILENGLICOL 111-46-6	líquido incoloro; líquido meloso	245,8	-10,4	106,1	sol	1,18	3,66	5 Pa	1,6 li 10,8 ls	143	400
DIMETILENGLICOL 513-85-9	Sólido o líquido casi incoloro			90,12			3,1				402
DIPROPILENGLICOL 110-98-5	líquido incoloro, ligeramente viscoso	233		134,17	misc	1,0252	4,63	4 Pa @ 25 °C		137	
ETILENGLICOL 107-21-1	líquido ligeramente viscoso; líquido meloso transparente e incoloro	197,6	-13	62,07	misc	1,1135	2,14	7 Pa	3,2 li 15,3 ls	111 cc	398
2-ETIL-1,3-HEXANODIOL 94-96-2	líquido ligeramente oleaginoso; líquido incoloro	244	-40	146,22	lig sol	0,9325 @ 22 °C/4 °C	5,03	< 0,01 mm Hg		110 ca	335
GLICEROL 56-81-5	líquido meloso transparente e incoloro	290	18	92,09	sol	1,2613				320	392
1,6-HEXANODIOL 629-11-8	cristales	208	42,8	118,17	sol	0,967 @ 0 °C/4 °C	4,07	0,0005 mm Hg @ 25 °C (est.)		101	320

Tabla 104.80 • Propiedades físicas y químicas.

Denominación química Número CAS	Color/Forma	p.e. (°C)	p.f. (°C)	p.m./ (g/ mol)	Solubilidad en agua	Densidad relativa (agua=1)	Densidad relativa del vapor (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Límit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
2,5-HEXANODIOL 2935-44-6		216-218	43	118,17	sol	0,9610					
HEXILENGLICOL 107-41-5	líquido incoloro	198	-50	118,2	sol	0,9254 @ 17 °C	4,1	6,7 Pa	1,3 li 7,4 ls	93	260
NEOPENTILGLICOL 126-30-7		208	130	104,14	sol.						
PENTAERITRITOL 115-77-5	crisales ditragonales en ácido clorhídrico diluido; polvo blanco cristalino	sublima	260	136,1	sol	1,399 @ 25 °C/4 °C					
PROPILENGLICOL 57-55-6	líquido viscoso incoloro	187,6	-59	76,1	misc	1,0361	2,6	106,6 Pa	2,6 li 12,5 ls	99 cc	371