

PROPIEDADES DE LOS FLUOROCARBUROS

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.

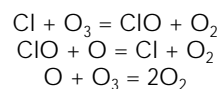
Muchos de los fluorocarburos se utilizan como productos químicos intermedios y disolventes en diversas industrias, como las de tejidos, limpieza en seco, fotografía y plásticos. Algunos de ellos tienen además funciones específicas como inhibidores de la corrosión y detectores de fugas. El *teflón* se 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 lipóide 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 *triclorotrifluoretano* 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 nítrico. 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.

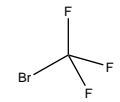
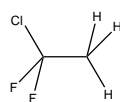
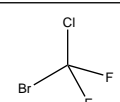
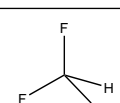
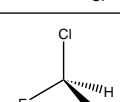
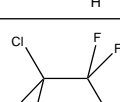
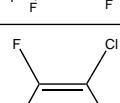
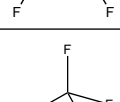
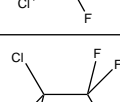
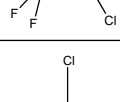
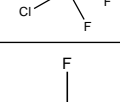
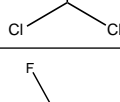
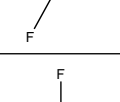
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
BROMOTRIFLUOROMETANO	Bromofluoroformo; bromotrifluorometano; F-13B1; Freón 13B1; Halón 1301; R13B1; trifluorobromometano; trifluoromonobromometano UN1009	75-63-8	
1-CLORO-1,1-DIFLUORETANO	CFC 142B; fluoruro de cloroetileno; 1,1-difluor-1-cloroetano; 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; etrano; 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; politetrafluoretileno; 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; perfluoretileno; tetrafluoretileno 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.

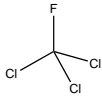
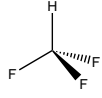
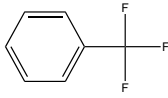
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
TRICLOROFLUOROMETANO	Eskimon 11; FC 11; Freón 11; Freón 11a; Freón 11b; Freón HE; Freón MF	75-69-4	
TRIFLUOROMETANO	Arcton; trifluoruro de carbono; fluoroforno; fluorilo; Freón 23; Freón F-23; Genetron-23; Halocarbono 23; trifluoruro 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	líquido incoloro	23,7	-111	137,4	1 g / 1 l @ 25 °C	1,494 @ 17,2 °C/ 4 °C (líquido)	4,7	89	no inflamable		
1,1,2-TRICLORO-1,2,2-TRIFLUORETANO 76-13-1	gas incoloro; líquido 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 (líquido)		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.

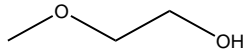
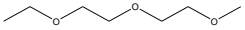
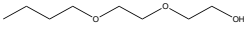
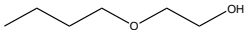
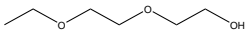
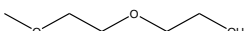
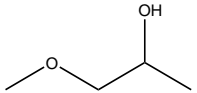
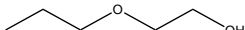
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ETER METILICO DE ETILENGLICOL	Eter glicólico monometílico; 2-metoxietanol; metoxihidroxietano; metilcellosolve UN1188	109-86-4	
ETER 2-METOXIETILICO DE 2-ETOXIETILO	Eter etilmetílico de dietilenglicol	1002-67-1	
ETER MONOBUTILICO DE 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 Propasol 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	<ul style="list-style-type: none"> 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		<ul style="list-style-type: none"> 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 *trielenglicol* 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 *trielenglicol* 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.


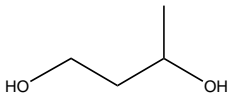

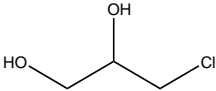
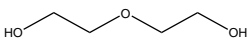
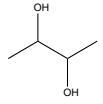
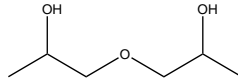
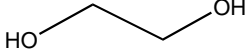
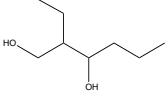

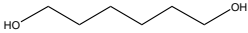
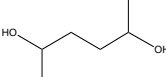
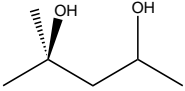
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
1,2-BUTANODIOL	1,2-Butilenglicol	584-03-2	
1,3-BUTANODIOL	Butano-1,3-diol; -butilenglicol; 1,3-butilenglicol; 1,3-dihidroxibutano; metiltrimetilenglicol	107-88-0	
1,4-BUTANODIOL	Butanodiol; butano-1,4-diol; 1,4-butilenglicol; 1,4-dihidroxibutano; 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 glicílico; 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.

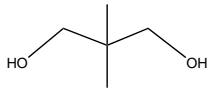
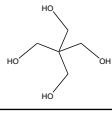
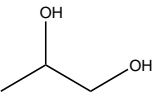
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
NEOPENTILGLICOL	Dimetilolpropano; 2,2-dimetil-1,3-propanodiol; dimetiltrimetilenglicol	126-30-7	
PENTAERITRITOL	2,2-Bis-(hidroximetil)-1,3-propanodiol; pentaeritrito; tetrahidroximetilmetano; tetrametilolmetano	115-77-5	
PROPILENGLICOL	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, sis resp; cef, mar, náu, desco, depres SNC; derm, 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	crisales	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

PROPIEDADES DE LOS HALOGENOS Y SUS COMPUESTOS

HALOGENOS Y SUS COMPUESTOS

El flúor, el cloro, el bromo, el yodo y el elemento radiactivo, el astato, constituyen la familia de elementos denominados halógenos. Excepto el astato, las propiedades físicas y químicas de estos elementos han sido objeto exhaustivo de estudio. Ocupan el grupo VII en la tabla periódica y presentan una gradación casi perfecta de propiedades físicas.

La familia de los halógenos se relaciona también por la similitud de las propiedades químicas de los elementos, una similitud que está asociada con la disposición de siete electrones en la órbita externa de la estructura atómica de cada uno de los elementos del grupo. Todos los miembros forman compuestos con el hidrógeno y la facilidad con que se realiza esta unión decrece a medida que aumenta el peso atómico del halógeno. De igual manera, la facilidad de formación de diferentes sales decrece a medida que aumenta el peso atómico del halógeno. Las propiedades de los ácidos halogenados y sus sales muestran una estrecha relación; la similitud es evidente en los compuestos orgánicos halogenados, si bien al aumentar la complejidad química, las características y las influencias de otros componentes de la molécula pueden enmascarar o modificar el grado de las propiedades.

Usos

Los halógenos se utilizan en las industrias química, de tratamiento de aguas, de plásticos, farmacéutica, papelera, textil, militar y petrolífera. El bromo, el cloro, el flúor y el yodo son productos químicos intermedios, agentes blanqueadores y desinfectantes. El bromo y el cloro se utilizan en la industria textil para blanquear y tratar la lana para que no encoja. El bromo también se emplea en los procesos de extracción minera de oro y en la perforación de pozos de petróleo y de gas. Es un retardador de la llama en la industria del plástico y un intermedio en la fabricación de fluidos hidráulicos, agentes refrigerantes y deshumidificantes y preparados para moldear el cabello. El bromo es también un componente de gases militares y fluidos para la extinción de incendios.

El cloro se utiliza como desinfectante de detritus y para la depuración y el tratamiento de agua para beber y piscinas. Es un agente blanqueador empleado en lavanderías y en la industria papelera. El cloro se emplea en la fabricación de pilas especiales e hidrocarburos clorados y en el procesamiento de carnes, verduras, pescados y frutas. Además, actúa como retardador de llama. El *dióxido de cloro* se utiliza en el tratamiento de aguas potables y de piscinas para depurar y controlar el sabor y el olor de las mismas. Se emplea como agente blanqueador en las industrias alimentaria, del cuero, textil y papelera, como oxidante, como bactericida y como antiséptico. Se utiliza también para limpiar y destanificar el cuero y para blanquear celulosa, aceites y cera de abeja. El *tricloruro de nitrógeno* se utilizaba antiguamente como blanqueador y "mejorador" de la harina. El *yodo* también es un desinfectante para el tratamiento de las aguas y actúa como producto químico intermedio en la síntesis de yoduros inorgánicos, yoduro potásico y compuestos orgánicos de yodo.

El flúor, el *monóxido de flúor*, el *pentafluoruro de bromo* y el *trifluoruro de cloro* sirven como oxidantes en los combustibles para cohetes. El flúor también se emplea para transformar tetrafluoruro de uranio en hexafluoruro de uranio, y el *trifluoruro de cloro* se utiliza en la fabricación de combustibles para reactores nucleares y en los pozos petrolíferos.

El *fluoruro cálcico*, cuya forma mineral es la *fluorita* o *espatofluor*, es la principal fuente de obtención de flúor y sus compuestos. Se utiliza en la industria metalúrgica como fundente. También se emplea en las industrias óptica, del vidrio y de la electrónica.

El *bromuro de hidrógeno* y sus soluciones acuosas sirven para obtener bromuros orgánicos e inorgánicos y como agentes reductores y catalizadores. También se emplean en la alquilación de compuestos aromáticos. El *bromuro potásico* se utiliza para fabricar placas y papeles fotográficos. El gas fosgeno es necesario en grandes cantidades para numerosas síntesis industriales, como en la fabricación de colorantes. También se emplea en la fabricación de gases militares y productos farmacéuticos. Además, se encuentra en insecticidas y fumigantes.

Riesgos

La similitud que presentan estos elementos con respecto a sus propiedades químicas se evidencia en sus efectos fisiológicos. Los gases (flúor y cloro) y los vapores de bromo y yodo son irritantes del aparato respiratorio. La inhalación de concentraciones relativamente bajas de estos gases y vapores produce una sensación desagradable y picante que va seguida por sensación de ahogo, tos y sensación de opresión torácica. Las lesiones del tejido pulmonar asociadas a estos productos pueden determinar la aparición de un edema pulmonar, que puede ser mortal.

El flúor y sus compuestos

Fuentes

La mayor parte del flúor y sus compuestos se obtienen directa o indirectamente a partir de fluoruro cálcico (espatofluor) y fosfato mineral (fluorapatita) o productos químicos derivados de ellos. El fluoruro presente en el fosfato mineral limita la utilidad de este último y, por ello, se debe eliminar casi por completo en la preparación de fósforo elemental o fosfato cálcico para alimentos y parcialmente en la conversión de fluorapatita para fertilizantes. Estos fluoruros se recuperan en algunos casos como soluciones acuosas de ácidos o como sales cálcicas o sódicas del flúor liberado (probablemente una mezcla de fluoruro de hidrógeno y de tetrafluoruro de silice) o se liberan a la atmósfera.

Riesgos de incendio y explosión

Muchos de los compuestos fluorados representan un riesgo de incendio y explosión. El flúor reacciona con casi todos los productos, incluso con los metales de los envases y de las conducciones cuando se deteriora la película inerte. La reacción con metales puede producir hidrógeno gaseoso. En los sistemas de transporte es preciso que exista una perfecta limpieza para evitar las reacciones localizadas y el consiguiente riesgo de incendio. Para prevenir que se produzcan reacciones con los lubricantes, se utilizan válvulas especiales sin lubricante. El difluoruro de oxígeno es explosivo en mezclas gaseosas con agua, sulfuro de hidrógeno o hidrocarburos. Al calentarse, muchos compuestos fluorados liberan gases tóxicos y vapores corrosivos.

Riesgos para la salud

Acido fluorhídrico. El contacto del ácido hidrófluórico anhidro con la piel produce graves quemaduras que se sienten inmediatamente. Las soluciones acuosas concentradas de este ácido también causan una rápida sensación de dolor, pero las soluciones diluidas no siempre producen efectos visibles inmediatos. El contacto externo con el líquido o los vapores provoca una

intensa irritación de los ojos y los párpados que puede ocasionar defectos visuales prolongados o permanentes o la destrucción total de los ojos. Se han dado casos de fallecimiento por exposición cutánea en tan sólo un 2,5 % de la superficie corporal total.

En caso de contacto con ácido fluorhídrico, es esencial administrar rápidamente un tratamiento, que consistirá en lavar la zona afectada con agua abundante de camino al hospital y, cuando sea posible, sumergirla en una solución helada de sulfato magnésico al 25 %. El tratamiento normal de las quemaduras leves o moderadas consiste en la aplicación de un gel de gluconato cálcico. Las quemaduras más graves pueden precisar la inyección de una solución de sulfato magnésico o gluconato cálcico al 10 % en y alrededor de la zona afectada. A veces es necesaria la anestesia local para calmar el dolor.

La inhalación de nieblas concentradas de ácido fluorhídrico concentrado o fluoruro de hidrógeno anhidro provocan irritación respiratoria y una exposición de tan sólo 5 minutos suele ser fatal en el plazo de 2 a 10 horas por la aparición de edema pulmonar hemorrágico. Las exposiciones cutáneas también pueden ir acompañadas de inhalación.

Flúor y otros gases fluorados. El flúor elemental, el trifluoruro de cloro y el difluoruro de oxígeno son tres oxidantes fuertes que pueden ser muy destructivos. Cuando se encuentran a altas concentraciones, son extremadamente corrosivos para los tejidos animales. Sin embargo, el trifluoruro de nitrógeno es mucho menos irritante. El flúor gaseoso en contacto con el agua forma ácido fluorhídrico, que produce graves quemaduras y úlceras en la piel.

La exposición aguda a concentraciones de flúor de 10 ppm provoca ligera irritación cutánea, ocular y nasal. La exposición a concentraciones por encima de 25 ppm resulta intolerable, si bien las exposiciones repetidas pueden determinar una cierta adaptación. La exposición a concentraciones elevadas produce edema pulmonar diferido, hemorragias, lesiones renales y, posiblemente, la muerte. El difluoruro de oxígeno tiene efectos similares.

En un estudio de inhalación aguda de trifluoruro de cloro realizado en ratas, la exposición a 800 ppm durante 15 minutos o 400 ppm durante 25 minutos provocó la muerte. La toxicidad aguda de este compuesto es similar a la del fluoruro de hidrógeno. En un estudio de larga duración realizado con dos especies, la concentración de 1,17 ppm causó irritación respiratoria y ocular y, en algunos animales, la muerte. En estudios de larga duración con animales de la inhalación repetida de flúor, se observaron efectos tóxicos en los pulmones, el hígado y los testículos con una concentración de 16 ppm, así como irritación de las mucosas y los pulmones con una concentración de 2 ppm. El flúor se toleró en concentraciones de 1 ppm. En un estudio posterior realizado con varias especies, no se observaron efectos derivados de la exposición durante 60 minutos a concentraciones de hasta 40 ppm.

Se dispone de escasa información sobre la exposición industrial de trabajadores al flúor y aún menos experiencia acerca de la exposición prolongada al trifluoruro de cloro y al difluoruro de oxígeno.

Fluoruros

La ingestión de fluoruros solubles en cantidades de entre 5 y 10 gramos es, con casi total seguridad, mortal para una persona adulta. Se han producido casos mortales por ingestión de fluoruro de hidrógeno, fluoruro sódico y fluosilicatos. Se han registrado también casos de enfermedad no mortal como consecuencia de la ingestión de éstos y otros fluoruros, entre ellos una sal tan poco soluble como es la criolita (fluoruro de aluminio y sodio).

En la industria, los polvos que contienen fluoruros juegan un papel importante en muchos de los casos de exposición real o potencial a los fluoruros, y la ingestión de estos polvos puede constituir un factor significativo. La exposición a fluoruros en el trabajo puede deberse a fluoruros gaseosos, pero incluso en estos casos, la ingestión no puede desestimarse completamente, bien sea por contaminación de los alimentos o las bebidas que se consumen en el lugar de trabajo, bien sea porque los fluoruros se expectoren con la tos y seguidamente sean deglutidos. En las exposiciones a una mezcla de fluoruros gaseosos y en forma de partículas, tanto la inhalación como la ingestión pueden ser factores importantes en la absorción de fluoruros.

En la fluorosis o intoxicación crónica por flúor, este elemento se deposita en el tejido óseo, tanto de los animales como del hombre. Los síntomas de la fluorosis de los huesos consisten en aumento de su opacidad radiológica, formación de gruesas excrecencias en las costillas y calcificación de los ligamentos intervertebrales. También se observan manchas en los dientes. La relación exacta entre los niveles de fluoruro en la orina y las correspondientes cifras de fijación de fluoruros en los huesos no está perfectamente determinada. No obstante, puede decirse que los niveles de fluoruro urinario en los trabajadores no deben superar los 4 ppm. Cuando dichos niveles sean de 6 ppm, será preciso realizar una supervisión y/o un control más estrictos. Cuando el nivel sea de 8 ppm o más, cabe esperar que, si esa situación se mantiene durante muchos años, se producirá una fijación de flúor en los huesos que determinará una opacificación radiológica de éstos.

El caso de los fluoboratos es el único en que el ión de fluoborato absorbido se excreta casi por completo en la orina. Esto quiere decir que la disociación del fluoruro a partir del ión de fluoborato es muy pequeña o nula, por lo que virtualmente no se produce la fijación en el esqueleto que cabría esperar con este fluoruro.

En un estudio de los trabajadores de la criolita, casi la mitad de ellos se quejaron de inapetencia y disnea; una proporción menor mencionó estreñimiento, dolor localizado en la región del hígado y otros síntomas. Se detectó una leve fluorosis en los trabajadores de la criolita expuestos durante dos o dos años y medio, signos más marcados en los expuestos durante casi 5 años y fluorosis moderada en los expuestos durante más de 11 años.

Los niveles de fluoruro se han asociado a asma de origen profesional en los trabajadores empleados en la reducción del aluminio.

Fluoruro cálcico. Los riesgos del espatoflúor se deben principalmente a los efectos perjudiciales del contenido de flúor. Los efectos crónicos consisten en enfermedades de los dientes, los huesos y otros órganos. Se han descrito lesiones pulmonares en personas que inhalaban polvo con un contenido del 92 al 96 % de fluoruro cálcico y un 3,5 % de sílice. Se llegó a la conclusión de que el fluoruro cálcico intensifica el efecto fibrógeno de la sílice en los pulmones. Se han dado casos de bronquitis y silicosis en las personas que trabajan en las minas de espatoflúor.

Riesgos para el medio ambiente

Las plantas industriales que utilizan grandes cantidades de compuestos fluorados, como las industrias siderúrgicas, las fundiciones de aluminio, las fábricas de superfosfatos, etc., pueden liberar a la atmósfera gases, humos o polvos que contengan flúor. Se han descrito casos de daño ambiental en animales que pastaban en la hierba contaminada, incluso fluorosis con manchas dentales, depósito óseo y excreción. También se ha descrito la corrosión de los cristales de las ventanas de las casas vecinas.

Bromo y sus compuestos

El bromo está muy extendido en la naturaleza en forma de compuestos inorgánicos tales como los minerales, en el agua de mar y en los lagos salados. Los tejidos animales y vegetales también contienen pequeñas cantidades de bromo. Se obtiene a partir de lagos salados y pozos de sondeo, del agua del mar y de las aguas madres que quedan tras el tratamiento de las sales potásicas (silvita, carnalita).

El bromo es un líquido muy corrosivo, cuyos vapores son extremadamente irritantes para los ojos, la piel y las mucosas. En contacto prolongado con los tejidos, el bromo puede provocar quemaduras profundas que tardan mucho en cicatrizar y, a menudo, se ulceran. Asimismo, es tóxico por vía digestiva, respiratoria o percutánea.

En caso de existir exposición prolongada al bromo, su concentración en la atmósfera de trabajo no debe superar los 0,5 mg/m³. Cuando esta concentración es igual o superior a 3-4 mg/m³, resulta imposible trabajar sin un equipo de protección respiratoria. Una concentración de 11 a 23 mg/m³ produce intenso ahogo y se acepta unánimemente que las concentraciones de 30 a 60 mg/m³ son muy peligrosas para el ser humano. Cualquier concentración en torno a 200 mg/m³ produce la muerte en muy poco tiempo.

El bromo posee propiedades acumulativas, depositándose en los tejidos en forma de bromuros y desplazando a otros halógenos (yodo y cloro). Los efectos a largo plazo incluyen trastornos del sistema nervioso.

Las personas expuestas habitualmente a concentraciones entre tres y seis veces superiores al límite de exposición para un año presentarán dolor de cabeza, dolor precordial, mayor irritabilidad, pérdida de apetito, dolor en las articulaciones y dispepsia. Durante el quinto o sexto año de trabajo en tales circunstancias, puede producirse una pérdida de reflejos corneales, faringitis, alteraciones de índole vegetativa e hiperplasia tiroidea acompañada de alteraciones funcionales de esta glándula. También pueden presentarse complicaciones cardiovasculares en forma de degeneración miocárdica e hipotensión, y alteraciones funcionales y secretoras del tracto digestivo. En la sangre se aprecian signos de inhibición de la leucopoyesis y leucocitosis. La concentración de bromo en sangre varía entre 0,15 mg/100 cm³ y 1,5 mg/100 cm³ con independencia del grado de intoxicación.

El bromuro de hidrógeno gaseoso puede detectarse a concentraciones de 2 ppm que no producen irritación. El ácido bromhídrico, en solución acuosa al 47 %, es un líquido corrosivo, de color amarillo pálido y olor intenso, que se oscurece cuando se expone al aire y a la luz.

El efecto tóxico del ácido bromhídrico es entre dos y tres veces menor que el del bromo, pero más agudo que el del cloruro de hidrógeno. Tanto la forma gaseosa como la acuosa irritan la mucosa del tracto respiratorio superior a concentraciones de 5 ppm. La intoxicación crónica se caracteriza por inflamación de las vías respiratorias altas y dispepsia, ligeras alteraciones de los reflejos y disminución del recuento de hematíes. Asimismo, puede presentarse una disminución de la sensibilidad olfativa. El contacto con la piel y las mucosas puede provocar quemaduras.

Ácido brómico y ácido hipobromoso. Los ácidos oxigenados del bromo sólo se encuentran en forma de soluciones o de sus sales. Su acción en el organismo es similar a la del ácido bromhídrico.

Bromuro ferroso-férrico. Los bromuros ferroso-férricos son sustancias sólidas utilizadas en las industrias química y farmacéutica, así como en la industria de fabricación de productos fotográficos. Estos compuestos se obtienen haciendo pasar una mezcla de bromo y vapor de agua a través de un lecho de partículas de hierro. La sal de bromo caliente y de consistencia siruposa que se

obtiene se introduce en contenedores de hierro, donde se solidifica. El bromo húmedo (es decir, el bromo que contiene más de 20 ppm de agua) es corrosivo para la mayoría de los metales y el bromo elemental ha de transportarse en estado de absoluta deshidratación en envases de monel, níquel o plomo herméticamente cerrados. Para evitar el problema de la corrosión, el bromo suele transportarse en forma de sal ferroso-férrica.

Bromofosgeno. Este es un producto de la descomposición del bromoclorometano que se genera durante los procesos de obtención de violeta de genciana. Se produce combinando monóxido de carbono y bromo en presencia de cloruro amónico anhidro.

Los efectos tóxicos del bromofosgeno son similares a los del fosgeno (véase el apartado dedicado al fosgeno más adelante en este mismo artículo).

Bromuro de cianógeno. El bromuro de cianógeno es un sólido utilizado para la extracción de oro y como pesticida. Reacciona con agua para producir ácido cianhídrico y bromuro de hidrógeno. Sus efectos tóxicos son similares a los del ácido cianhídrico y probablemente tenga una toxicidad similar.

El bromuro de cianógeno también tiene un acción irritante y, a altas concentraciones, puede provocar edema y hemorragias pulmonares. La exposición a 20 ppm durante 1 minuto u 8 ppm durante 10 minutos resulta intolerable. En gatos y ratones, la exposición a 70 ppm provoca parálisis en el plazo de 3 minutos y la exposición a 230 ppm produce la muerte.

Cloro y sus compuestos inorgánicos

Los compuestos clorados están muy extendidos en la naturaleza, constituyendo alrededor del 2 % de la superficie terrestre, principalmente en forma de cloruro sódico en el agua del mar y en depósitos naturales como los de carnalita y silvina.

El cloro gaseoso es principalmente un irritante respiratorio. En concentración suficiente, irrita las mucosas, el tracto respiratorio y los ojos. En casos extremos, la dificultad respiratoria puede aumentar hasta el punto de producirse la muerte por colapso respiratorio o insuficiencia pulmonar. La presencia de cloro en la atmósfera es, hasta cierto punto, detectable debido a su olor penetrante característico. Además, a altas concentraciones es un gas visible por su color amarillo verdoso. El contacto del cloro líquido con la piel o los ojos provoca quemaduras químicas y/o congelación.

Los efectos del cloro pueden agravarse en las 36 horas siguientes a la exposición. La estrecha vigilancia de los individuos expuestos debe formar parte del programa de actuación médica.

Exposición crónica. La mayoría de los estudios indican que la exposición crónica a bajas concentraciones de cloro no produce efectos nocivos significativos para la salud. Un estudio finlandés realizado en 1983 demostró en los trabajadores expuestos un aumento de la tos crónica y una tendencia a la hipersecreción de las mucosas. Sin embargo, ni las pruebas ni las radiografías de tórax realizadas demostraron anomalías en la función pulmonar de estos trabajadores.

En un estudio realizado en 1993 por el Instituto de Toxicología Química Industrial (Chemical Industry Institute of Toxicology) sobre la inhalación crónica de cloro, ratas y ratones fueron expuestos a concentraciones de 0,4, 1,0 o 2,5 ppm del gas cloro hasta 6 horas al día, entre 3 y 5 días a la semana durante un período de hasta 2 años. No se hallaron evidencias de cáncer. La exposición a todas las concentraciones de cloro produjo lesiones nasales. Puesto que los roedores sólo respiran por la nariz, no está claro cómo deben extrapolarse estos resultados al ser humano.

El cloro puede estar presente en concentraciones considerablemente superiores a los valores umbral actuales sin que se perciba inmediatamente. Las personas pierden en poco tiempo su capacidad para detectar el olor del cloro a pequeñas concentraciones.

Se ha observado que la exposición prolongada a una concentración atmosférica de cloro de 5 ppm provoca afectación bronquial y predisposición a la tuberculosis, y los estudios pulmonares han indicado que las concentraciones de 0,8-1,0 ppm producen una reducción permanente, aunque moderada, de la función pulmonar. También es frecuente el acné en personas expuestas durante largos períodos de tiempo a bajas concentraciones de cloro, que comúnmente se conoce como "cloracné". También puede dañarse el esmalte dental.

Óxidos

En total existen cinco óxidos de cloro. Son el monóxido de dicloro, el monóxido de cloro, el dióxido de cloro, el hexóxido de cloro y el heptóxido de cloro. Todos ellos producen más o menos idénticos efectos en el organismo humano y requieren las mismas medidas de seguridad que el cloro. El más utilizado en la industria es el dióxido de cloro, que es un irritante ocular y respiratorio similar al cloro, pero más potente. Las exposiciones agudas por inhalación provocan bronquitis y edema pulmonar, y en los trabajadores expuestos los síntomas observados consisten en tos, respiración sibilante, dificultad respiratoria, secreción nasal e irritación de los ojos y la garganta.

El tricloruro de nitrógeno es un potente irritante para la piel y las mucosas de los ojos y el tracto respiratorio. Sus vapores son tan corrosivos como el cloro. Es altamente tóxico cuando se ingiere.

La concentración letal media (CL₅₀) de tricloruro de nitrógeno en ratas es de 12 ppm, según se ha determinado en un estudio de exposición de ratas a concentraciones de entre 0 y 157 ppm durante 1 hora. Los perros alimentados con harina blanqueada con tricloruro de nitrógeno desarrollan rápidamente ataxia y convulsiones epileptiformes. El examen histológico de animales experimentales ha demostrado necrosis de la corteza cerebral y alteraciones de las células de Purkinje en el cerebelo. Los núcleos de los hematíes también pueden verse afectados.

El tricloruro de nitrógeno puede explotar como consecuencia de impactos, exposición al calor, ondas supersónicas e incluso espontáneamente. La presencia de ciertas impurezas puede aumentar el riesgo de explosión. También explota en contacto con cantidades traza de algunos compuestos orgánicos, en especial, la trementina. Su descomposición crea productos clorados altamente tóxicos.

Fosgeno. El fosgeno de uso comercial (COCl₂) se obtiene por reacción de cloro y monóxido de carbono. También se forma fosgeno como subproducto no deseado cuando ciertos hidrocarburos clorados (especialmente el diclorometano, el tetracloruro de carbono, el cloroformo, el tricloroetileno, el percloroetileno y el hexacloroetano) entran en contacto con una llama desnuda o un metal caliente, como en procesos de soldadura. La descomposición de los hidrocarburos clorados en cuartos cerrados puede provocar la acumulación de concentraciones peligrosas de fosgeno, como, por ejemplo, cuando se utiliza tetracloruro de carbono como producto para la extinción de incendios o tetracloroetileno como lubricante en la maquinaria para fabricación de acero de alta calidad.

El fosgeno anhidro no es corrosivo para los metales, pero en presencia de agua reacciona formando ácido clorhídrico, que sí es corrosivo.

El fosgeno es uno de los gases más tóxicos utilizados en la industria. La inhalación de 50 ppm durante un corto período de tiempo es mortal para los animales de experimentación. En el caso del hombre, la inhalación prolongada de 2-5 ppm es peligrosa. Otra propiedad peligrosa del fosgeno es la ausencia de todo tipo de signos de advertencia durante su inhalación, ya que

ésta produce, a lo sumo, una ligera irritación de las mucosas del tracto respiratorio y de los ojos en concentraciones de 4 a 10 ppm. La exposición a 1 ppm durante períodos largos de tiempo puede provocar edema pulmonar tardío. Los casos leves de intoxicación van seguidos de bronquitis pasajera. En los casos graves, puede producirse edema pulmonar diferido, que aparece tras un período de latencia de varias horas, normalmente entre 5 y 8, y muy rara vez más de 12. En la mayoría de los casos, el paciente permanece consciente hasta el final. La muerte se produce por asfixia o parada cardíaca. Si el paciente logra sobrevivir los 2 ó 3 primeros días, el pronóstico es generalmente favorable. El fosgeno en altas concentraciones provoca inmediatamente lesiones pulmonares y causa en poco tiempo la muerte por asfixia y detención de la circulación a través de los pulmones.

Protección del medio ambiente

El cloro libre destruye la vegetación y, como puede encontrarse en concentraciones que causen este tipo de daños en condiciones climáticas desfavorables, debe prohibirse su liberación a la atmósfera. Si no es posible utilizar el cloro liberado para producir ácido clorhídrico o productos similares, deberán adoptarse siempre las medidas necesarias para captar el cloro, por ejemplo, mediante una torre depuradora de cal. Se adoptarán también medidas técnicas de seguridad especiales, con sistemas automáticos de alarma en las fábricas y sus alrededores, siempre que exista el riesgo de que puedan escapar cantidades apreciables de cloro a la atmósfera de los alrededores.

Desde el punto de vista de la contaminación ambiental, debe prestarse especial atención a las botellas u otros envases utilizados para el transporte de cloro o de sus compuestos, a las medidas para controlar los posibles riesgos y a los pasos que se darán en situaciones de emergencia.

El yodo y sus compuestos

El yodo no se encuentra en estado libre en la naturaleza, sino que se presenta formando yoduros y/o yodatos como vestigios de impurezas en los depósitos de otras sales. Los depósitos de nitrato de Chile contienen la suficiente cantidad de yodato (aproximadamente un 0,2 % de yodato sódico) como para que su explotación comercial resulte rentable. Igualmente, existen algunos saladares naturales, especialmente en Estados Unidos, que contienen yoduros en cantidades considerables. El yoduro del agua del mar se concentra por la acción de algunas plantas marinas (kelpo), cuyas cenizas constituyeron en su tiempo una fuente de producción de considerable importancia en Francia, Reino Unido y Japón.

El yodo es un potente oxidante. Puede provocar una explosión cuando entra en contacto con materiales tales como el acetileno o el amoníaco.

Los vapores de yodo, incluso a bajas concentraciones, son extremadamente irritantes para el tracto respiratorio, los ojos y, en menor medida, la piel. Las concentraciones de sólo 0,1 ppm en el aire pueden producir irritación ocular cuando la exposición es prolongada. Las concentraciones atmosféricas superiores a 0,1 ppm provocan irritación ocular cada vez más grave, junto con irritación del tracto respiratorio y, en los casos extremos, edema pulmonar. Otras lesiones sistémicas producidas por la inhalación de vapores de yodo son poco probables a menos que la persona expuesta padezca de antemano alguna alteración de la glándula tiroides. El yodo se absorbe por vía pulmonar, convirtiéndose en yoduro en el interior del organismo, y se excreta principalmente por vía urinaria. El yodo en forma cristalizada o en soluciones concentradas es un potente irritante cutáneo, siendo bastante difícil eliminarlo de la piel y, una vez que se ha

producido el contacto, tiende a penetrar y a producir lesiones continuas. Las lesiones cutáneas provocadas por el yodo se parecen mucho a las quemaduras por calor, con la sola diferencia de que en el primer caso las zonas quemadas aparecen coloreadas de marrón. Como el yodo se queda adherido a los tejidos, pueden producirse úlceras de lenta curación.

Posiblemente, la dosis letal media del yodo por vía oral es de 2-3 g en adultos, debido a su efecto corrosivo en el aparato digestivo. En términos generales, los productos que contienen yodo (ya sean orgánicos o inorgánicos) parecen ser más tóxicos que los análogos bromados o clorados. Además de la toxicidad que posee por ser un halógeno, el yodo se concentra en la glándula tiroides (la base para el tratamiento del cáncer de tiroides con I^{131}) y, por ello, es fácil que se produzcan alteraciones metabólicas como resultado de una exposición excesiva a este elemento. La absorción crónica del yodo provoca "yodismo", una enfermedad caracterizada por taquicardia, temblores, pérdida de peso, insomnio, diarrea, conjuntivitis, rinitis y bronquitis. Además,

puede desarrollarse una hipersensibilidad al yodo, caracterizada por erupciones cutáneas y posiblemente rinitis y/o asma.

Radiactividad. El yodo tiene un número atómico de 53 y un peso atómico que oscila entre 117 y 139. Su único isótopo estable tiene una masa de 127 (126,9004). Sus isótopos radiactivos tienen períodos de semidesintegración que varían desde algunos segundos (pesos atómicos de 136 y superiores) hasta millones de años (I^{129}). En las reacciones que caracterizan el proceso de fisión en un reactor nuclear, se forma I^{131} en abundancia. Este isótopo tiene un período de semidesintegración de 8,070 días; emite neutrones y radiación gamma con energías principales a 0,606 MeV (máx) y 0,36449 MeV, respectivamente.

Cuando penetra en el organismo, sea cual sea la vía, el yodo inorgánico (yoduro) se concentra en la glándula tiroides. Este hecho, sumado a la abundante formación de I^{131} en los procesos de fisión nuclear, lo convierte en uno de los materiales más peligrosos que puede liberar un reactor nuclear, ya sea deliberadamente o por accidente.

TABLAS DE HALOGENOS Y SUS COMPUESTOS

Tabla 104.81 • Identificación química de algunos halógenos y sus compuestos.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
BROMO	Bromo UN1744	7726-95-6	Br — Br
BROMURO DE HIDROGENO	Acido bromhídrico anhidro; solución de ácido bromhídrico UN1788	10035-10-6	H — Br
CLORO	Cloro molecular UN1017	7782-50-5	Cl — Cl
CLORURO DE AZUFRE	Dicloruro disulfúrico; monocloruro de azufre; subcloruro de azufre; dicloruro tiosulfuroso	10025-67-9	
CLORURO DE NITROGENO	Nitruro de cloro; tricloruro de nitrógeno; tricloramina; nitruro de tricloro	10025-85-1	
DICLORURO DE AZUFRE		10545-99-0	
DIFLUORURO DE OXIGENO	Monóxido de flúor; óxido de flúor; fluoruro de oxígeno UN2190	7783-41-7	
FLUOR	Flúor UN1045	7782-41-4	F — F
FLUORURO CALCICO		7789-75-5	Ca^{++} $\text{F}^- \quad \text{F}^-$
FLUORURO DE CARBONILO	Oxido de difluoruro de carbono; óxido de fluoruro de carbono; oxifluoruro de carbono; difluoruro de carbonilo; difluoroformaldehído; fluofosgeno; fluoruro de fluoroformilo; fluorofosgeno UN2417	353-50-4	
FLUORURO DE HIDROGENO	Acido fluorhídrico; hidrofleururo UN1052 ; UN1790	7664-39-3	H — F
FLUORURO DE PERCLORILO	Oxido de clorofluoruro; oxifluoruro de cloro UN3083	7616-94-6	
FLUORURO DE SULFURILO	Oxifluoruro sulfúrico UN2191	2699-79-8	
FOSGENO	Cloruro de carbonilo; dicloruro de carbonilo; cloruro de cloroformilo UN1076	75-44-5	
HEXAFLUOROSILICATO SODICO		16893-85-9	$\text{Na}^+ \quad \text{F}_6\text{Si} \quad \text{Na}^+$

Tabla 104.81 • Identificación química de algunos halógenos y sus compuestos.

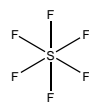
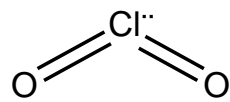
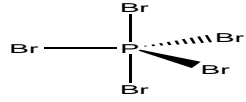
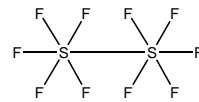
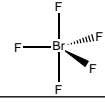
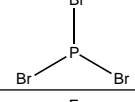
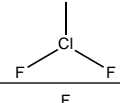
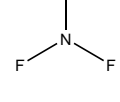
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
HEXAFLUORURO DE AZUFRE	Fluoruro de azufre UN1080	2551-62-4	
OXIDO DE CLORO	Dióxido de cloro; óxido de cloro (IV); peróxido de cloro; cloroperoxilo	10049-04-4	
PENTABROMURO DE FOSFORO		7789-69-7	
PENTAFLUORURO DE AZUFRE	Decafluoruro disulfúrico; decafluoruro de azufre	5714-22-7	
PENTAFLUORURO DE BROMO	Pentafluoruro de bromo UN1745	7789-30-2	
TRIBROMURO DE FOSFORO	Bromuro de fósforo; tribromofosfina UN1808	7789-60-8	
TRIFLUORURO DE CLORO	Fluoruro de cloro; clorotrifluoruro UN1749	7790-91-2	
TRIFLUORURO DE NITROGENO	Fluoruro de nitrógeno UN2451	7783-54-2	
YODO		7553-56-2	I — I

Tabla 104.82 • 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
BROMO 7726-95-6	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel; pulmones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Corrosivo, sensación de quemazón, tos, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, dolor de garganta Corrosivo, enrojecimiento, quemaduras en la piel, dolor Corrosivo, enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves Corrosivo, espasmos abdominales, sensación de quemazón, dolor de garganta, colapso	Sis resp; ojos; SNC; piel Inh; ing; con	Mar, cef; lag, epis; tos, sensación de opresión, edema pulm, neum; dolor abdom, diarr; erupciones como el sarampión; quemaduras en ojos y piel

Tabla 104.82 • 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
CLORO 7782-50-5	ojos; piel; tract resp; pulmones; piel	pulmones	Inhalación Piel Ojos	Corrosivo, sensación de quemazón, tos, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, disnea, dolor de garganta, los síntomas pueden tardar en aparecer Corrosivo, quemaduras en la piel, dolor Corrosivo, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves	Sis resp; ojos; piel Inh; con	Quemaduras en ojos, nariz, boca; lag; rin; tos, ahogo, dolor subest; náu, vómit; cef; mar; síncope; edema pulm; neum; hipox; dermat; liq; congelación
CLORURO DE AZUFRE 10025-67-9	ojos; piel; tract resp; pulmones; corrosivo en caso de ingestión	piel	Inhalación Piel Ojos	Sensación de quemazón, tos, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, vómitos Enrojecimiento, quemaduras en la piel, sensación de quemazón, dolor, ampollas Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves	Sis resp; piel; ojos Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, muc; lag; tos; quemaduras en ojos, piel; edema pulm
DIFLUORURO DE OXIGENO 7783-41-7	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel	Tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta En contacto con el líquido: congelación	Sis resp; ojos; piel Inh; con	Irrit ojos, piel, sis resp; cef; edema pulm; quemaduras en ojos, piel (por contacto con el gas a presión)
FLUOR 7782-41-4	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos	Corrosivo, tos, disnea, dolor de garganta, ahogo Corrosivo, enrojecimiento, quemaduras graves en la piel, en contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento, quemaduras profundas graves	Sis resp; ojos; hígado; riñones Inh; con	Irrit ojos, nariz, sis resp; espasmo lar, espasmo bron; edema pulm; quemaduras en ojos y piel; en animales: lesiones hepáticas, renales
FLUORURO DE CARBONILO 353-50-4	ojos; piel; tract resp; pulmones; piel	sangre	Inhalación Pies Ojos	Tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, en contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento	Ojos; piel; sis resp; huesos Inh; con	Irrit ojos, piel, muc, sis resp; quemaduras en ojos y piel; lag; tos; edema pulm, disn; exposición crónica: dolor GI, fibr muscul, fluorosis esquelética; liq; congelación
FLUORURO DE HIDROGENO 7664-39-3	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta, los síntomas pueden tardar en aparecer Puede adsorberse, quemaduras graves en la piel Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor abdominal, diarrea, dolor de garganta, vómitos, los síntomas pueden tener efectos retardados	Ojos; sis resp; piel; huesos Inh; abs (liq); ing (disol); con	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; edema pulm; quemaduras en ojos, piel; rinitis; bron; cambios óseos
FLUORURO DE PERCLORILO 7616-94-6	tract resp; piel	sangre	Inhalación Piel Ojos	Cefalea En contacto con el líquido: congelación Quemaduras profundas graves	Sis resp; piel; sangre Inh; con (liq)	Irrit sis resp; liq; congelación; en animales: metahem; cian; deb; mar, cef; edema pulm; neuritis; anoxia
FOSGENO 75-44-5	ojos; piel; tract resp; pulmones	pulmones	Inhalación	Corrosivo, sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, disnea, dolor de garganta	Sis resp; piel; ojos Inh; con (liq)	Irrit ojos; sequedad, ardor de garganta; vómit; tos, esputos espumosos, disn, dolor torac, cian; liq; congelación
HEXAFLUORURO DE AZUFRE 2551-62-4	piel		Piel Ojos	En contacto con líquido: congelación Daños en la córnea	Sis resp Inh	Asfix; aceleración de la respiración, del pulso; ligera desco muscul, alteraciones emocionales; ftg, náu, vómit, convuls

Tabla 104.82 • 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
OXIDO DE CLORO 10049-04-4	ojos; piel; tract resp; pulmones; piel	pulmones	Inhalación Piel	Corrosivo, tos, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, disnea, dolor de garganta, los síntomas pueden tardar en aparecer Corrosivo, enrojecimiento, quemaduras graves en la piel, dolor	Sis resp; ojos Inh; ing (liq); con	Irrit ojos, nariz, garganta; tos, resp sib, bron, edema pulm; bron crónica
PENTAFLUORURO DE AZUFRE 5714-22-7					Sis resp; SNC; ojos; piel Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; en animales: hemorr, edema pulm
PENTAFLUORURO DE BROMO 7789-30-2	ojos; piel; tract resp; pulmones	higado; riñones; tract resp	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, disnea, dolor de garganta Quemaduras en la piel, dolor, ampollas Dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves Dolor abdominal, sensación de quemazón	Ojos; piel; sis resp; higado; riñones Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; nec corn; quemaduras en la piel; tos; disn, edema pulm; lesiones hepáticas y renales
TRIFLUORURO DE CLORO 7790-91-2	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos	Tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta Corrosivo, enrojecimiento, quemaduras graves en la piel, dolor Pérdida de visión permanente, quemaduras profundas graves, ceguera	Piel; ojos; sis resp Inh; ing. (liq); con	Quemaduras en ojos, piel (liq o vap alta conc); irrit resp; en animales: lag; úlceras corn; edema pulm

Tabla 104.83 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química y número CAS	Físicos	Químicos	Tipo o división UN/Riesgos subsidiarios
BROMO 7726-95-6	• El vapor es más pesado que el aire	• Al calentarse, forma vapores tóxicos • Es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con sustancias combustibles y reductoras • Reacciona violentamente con amoníaco acuoso, oxidantes, metales, compuestos orgánicos y fósforo, con peligro de incendio y explosión • Ataca algunos tipos de plástico, caucho y revestimientos	3/ 6.1
BROMURO DE HIDROGENO 10035-10-6	• El gas es más pesado que el aire	• La solución en agua es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva • Reacciona violentamente con oxidantes fuertes y muchos compuestos orgánicos, con peligro de incendio y explosión • Ataca muchos metales, formando gas hidrógeno inflamable	8
CLORO 7782-50-5	• El gas es más pesado que el aire	• Reacciona violentamente con muchos compuestos orgánicos, amoníaco y metales finamente divididos, con peligro de incendio y explosión • Ataca muchos metales en presencia de agua • Ataca plásticos, caucho y revestimientos	2.3/ 5.1/ 8
CLORURO DE AZUFRE 10025-67-9		• Al arder, desprende gases y vapores tóxicos (cloruro de hidrógeno, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno) • Se descompone dando cloro gaseoso tóxico y azufre sólido al calentarse por encima de 300 °C • Reacciona con peróxidos, óxidos de fósforo y algunos compuestos orgánicos, con peligro de incendio y explosión • Reacciona con el aire húmedo desprendiendo vapores corrosivos (ácido clorhídrico) • El contacto con el agua provoca una reacción violenta, con formación de cloruro de hidrógeno gaseoso (o ácido clorhídrico), dióxido de azufre, azufre, sulfito, tiosulfato y sulfuro de hidrógeno, que pueden corroer los envases metálicos y formar gas hidrógeno inflamable	8
DICLORURO DE AZUFRE 10545-99-0			8

Tabla 104.83 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química y número CAS	Físicos	Químicos	Tipo o división UN/Riesgos subsidiarios
DIFLUORURO DE OXIGENO 7783-41-7	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse por encima de 250 °C, produciendo vapores tóxicos (flúor) Es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores Reacciona explosivamente con sulfuro de hidrógeno a temperatura ambiente, y con cloro, bromo y yodo al calentarse Ataca el mercurio Explota en contacto con el vapor de agua La reacción del difluoruro de oxígeno con compuestos no metálicos, como polvo de boro y fósforo rojo y silicio, alúmina u otros tensoactivos sólidos similares, es exotérmica y puede ser explosiva 	2.3/ 5.1/ 8
FLUOR 7782-41-4	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> Es un potente oxidante y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores Reacciona violentamente con el agua, produciendo vapores tóxicos y corrosivos: ozono y fluoruro de hidrógeno Reacciona violentamente con amoníaco, metales, oxidantes y muchos otros materiales, con peligro de incendio y explosión 	2.3/ 5.1/ 8
FLUORURO DE CARBONILO 353-50-4	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse a 450–490 °C, produciendo gases tóxicos En contacto con el agua se hidroliza rápidamente formando dióxido de carbono y fluoruro de hidrógeno 	2.3/ 8
FLUORURO DE HIDROGENO 7664-39-3		<ul style="list-style-type: none"> La solución en agua es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva Reacciona violentamente con muchos compuestos, con peligro de incendio y explosión En contacto con el aire, desprende vapores corrosivos que son más pesados que el aire y se propagan a ras del suelo Ataca el vidrio y otros compuestos silícicos 	3/ 6.1
FLUORURO DE PERCLORILO 7616-94-6		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse, liberando vapores tóxicos (flúor, óxidos de flúor, cloro, óxidos de cloro) Es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, con peligro de incendio y explosión Ataca algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos 	2.3/ 5.1
FLUORURO DE SULFURILO 2699-79-8			2.3
FOSGENO 75-44-5	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse por encima de 300 °C, liberando gases tóxicos y corrosivos: cloruro de hidrógeno, monóxido de carbono, vapores de cloro Reacciona violentamente con oxidantes fuertes Reacciona lentamente con agua, produciendo gases corrosivos, acres y tóxicos Reacciona violentamente con aminas y aluminio Ataca muchos metales en presencia de agua Ataca los metales, los plásticos y el caucho 	2.3/ 8
HEXAFLUORURO DE AZUFRE 2551-62-4	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire y puede acumularse en espacios con techos bajos, provocando deficiencia de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al arder, liberando vapores tóxicos de óxidos de azufre y fluoruro de hidrógeno, y en contacto con superficies calientes, produciendo SO₂ Al calentarse, desprende vapores tóxicos Reacciona con oxidantes fuertes y con álcali y tierra alcalina 	2.2
OXIDO DE CLORO 10049-04-4	<ul style="list-style-type: none"> El gas es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> Puede descomponerse explosivamente como consecuencia de un impacto, fricción o sacudida Puede explotar al calentarse Es un potente oxidante y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores Reacciona violentamente con mercurio, fósforo, azufre y muchos compuestos, con peligro de incendio y explosión Reacciona con el agua, produciendo ácido clorhídrico y ácido clórico 	
PENTABROMURO DE FOSFORO 7789-69-7			8
PENTAFLUORURO DE BROMO 7789-30-2	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse por encima de 460 °C y en contacto con ácidos o vapores ácidos, produciendo vapores muy tóxicos de flúor y bromo Reacciona violentamente con combustibles y compuestos orgánicos, así como con sustancias que contengan hidrógeno (amoníaco, ácido acético, grasa, papel), con peligro de incendio y explosión Reacciona explosivamente con agua o vapor de agua, liberando vapores tóxicos y corrosivos Reacciona con todos los elementos conocidos, excepto el nitrógeno, el oxígeno y los gases nobles 	5.1/ 6.1/ 8
TRIBROMURO DE FOSFORO 7789-60-8			8

Tabla 104.83 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química y número CAS	Físicos	Químicos	Tipo o división UN/Riesgos subsidiarios
TRIFLUORURO DE CLORO 7790-91-2	• El gas es más pesado que el aire y corrosivo	• Se descompone al calentarse por encima de 220 °C, produciendo gases tóxicos (compuestos clorados y fluorados) • Reacciona violentamente con agua, arena, compuestos silícicos, vidrio y amianto • Reacciona con todo tipo de plásticos, caucho y resinas, excepto los polímeros altamente fluorados • La mayoría de los materiales combustibles arden espontáneamente en contacto con esta sustancia • Reacciona violentamente con materiales oxidables, metales y óxidos metálicos • Explota en contacto con materiales orgánicos • Emite vapores altamente tóxicos en contacto con ácidos	2.3/ 5.1/ 8
TRIFLUORURO DE NITROGENO 7783-54-2			2.3/ 5.1

Tabla 104.84 • 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 (air=1)	Pvap/ (kPa)	Limit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
BROMO 7726-95-6	líquido de color marrón rojizo oscuro; vapor de color marrón rojizo; cristales rómbicos	58,78	-7,25	159,808	3,58 g/ 100 ml	3,1023 @ 25 °C/4 °C	5,51 @ 15 °C	23,3			
CLORO 7782-50-5	gas diatómico de color amarillo verdoso	-34,6	-100,98	70,906	0,57 g/100 ml @ 30 °C	1,159 @ 25 °C	2,5	638			
CLORURO DE AZUFRE 10025-67-9	líquido oleaginoso de color ámbar claro o rojo amarillento	135,6	-77	135,03	reacciona	1,6885 @ 15,5 °C/ 15,5 °C	4,66	0,906		118 cc	234
CLORURO DE NITROGENO 10025-85-1	cristales rómbicos o aceite de color amarillo	< 71	< -40	120,37	insol en agua fría, se descompone en agua caliente	1,653					
DICLORURO DE AZUFRE 10545-99-0	líquido de color rojo oscuro; líquido marrón rojizo	59 (se descompone)	-78	102,96		1,621 @ 15 °C/15 °C	3,55	7,6 mm Hg @ -23 °C			
DIFLUORURO DE OXIGENO 7783-41-7	gas incoloro; líquido de color marrón amarillento	-144,8	-223,8	54,00	insol en agua caliente; lig sol y se descompone en agua fría	1,90 @ -233,8 °C (líquido)	1,8	760 mm Hg @ -144,6 °C			
FLUOR 7782-41-4	amarillo pálido; gas amarillo verdoso	-188,13	-219,61	37,99	reacciona	1,51 @ -188,2 °C	1,3	1 mm Hg @ -223,0 °C; 10 mm Hg @ -214,1 °C			
FLUORURO DE CARBONILO 353-50-4	gas incoloro	-83	-114	66,01	reacciona	1,139 @ 25 °C	2,3				
FLUORURO DE HIDROGENO 7664-39-3	líquido incoloro	20	-83	20,0	misc	0,991 @ 19,54 °C	0,922 g/l @ 0 °C	400 mm Hg @ 2,5 °C			
FLUORURO DE PERCLORILO 7616-94-6	gas incoloro	-46,8	-146	102,45	misc	0,637 (gas); 1,434 (líquido)	3,5	1,06			

Tabla 104.84 • 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 (air=1)	Pvap/ (kPa)	Límit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
FLUORURO DE SULFURILO 2699-79-8	gas incoloro	-55,38	-135,82	102,07	4-5 ml gas/ 100 ml	3,72 g/l (gas), 1,7 g/l (líquido)	3,5	1,7 mPa @ 25 °C			
FOSGENO 75-44-5	gas incoloro	8	-118	98,92	lig sol	1,381	3,4	161,6			
HEXAFLUOROSILICATO SODICO 16893-85-9	polvo granulado blanco			188,05	sol	2,68					
HEXAFLUORURO DE AZUFRE 2551-62-4	gas incoloro; líquido a -50,5 °C	-63,8 sublima	-50,8	146,06	lig sol	1,88 @ -50 °C (líquido)	5,1	2.140			
OXIDO DE CLORO 10049-04-4	gas amarillo o amarillo rojizo a temp. ambiente; el dióxido de cloro sólido es una masa cristalina de color rojo amarillento; el líquido es de color marrón rojizo	11	-59	67,46	3,01 g/l @ 25 °C y 34,5 mm Hg	1,642 @ 0 °C	2,3	10	> 10		
PENTABROMURO DE FOSFORO 7789-69-7	masa cristalina amarilla	106 se descompone		430,49	se descompone						
PENTAFLUORURO DE BROMO 7789-30-2	líquido incoloro; gas incoloro por encima de 40,3 °C	40,76	-60,5	174,90	reacciona	2,4604 @ 25 °C	6,05	53,5 @ 25,5 °C			
TRIBROMURO DE FOSFORO 7789-60-8	líquido incoloro; líquido amarillo pálido	173,2	-41,5	270,73		2,85 @ 15 °C		10 mm Hg @ 47,8 °C			
TRIFLUORURO DE CLORO 7790-91-2	gas incoloro; el líquido es de color verde-amarillo; el sólido es blanco	11,75	-76,34	92,46	reacciona	1,77 @ 13 °C	3,18	400 mm Hg @ -4,9 °C; 740 mm Hg @ 11,5 °C			
TRIFLUORURO DE NITROGENO 7783-54-2	gas incoloro	-129	-208,5	71,01	lig sol	1,885 @ -129 °C (líquido)					
YODO 7553-56-2	escamas o placas de color negro azulado; diatómicas; cristales rómicos de color negro-violeta con lustre metálico	184,35	113,50	253,81		4,93 @ 25 °C (sólido)	6,75 g/l (gas)	1 mm Hg @ 38,7 °C (sólido)			

PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS HETEROCICLICOS

COMPUESTOS HETEROCICLICOS

Los compuestos heterocíclicos se utilizan como productos químicos intermedios y disolventes en industrias farmacéuticas, químicas, textiles, petrolíferas, fotográficas y de tintes. Algunos de ellos sirven además como aceleradores de la vulcanización del caucho.

La *acridina* y la *benzantrona* se emplean como materias primas y productos químicos intermedios en la fabricación de tintes. La *benzantrona* se utiliza también en la industria pirotécnica. La *propilenimina* se emplea en floculantes para el refinado de petróleo y como modificador para combustibles propelentes de cohetes. Asimismo, sirve como aditivo de lubricantes para modificar el control de la viscosidad y mejorar su rendimiento a alta presión y su resistencia a la oxidación. La *3-metilpiridina* y la *4-metilpiridina* se emplean como agentes impermeabilizantes en la industria textil. La *4-metilpiridina* es un disolvente utilizado en la síntesis de productos farmacéuticos, resinas, tintes, aceleradores del caucho, pesticidas y agentes impermeabilizantes. La *2-pirrolidona* también se utiliza en preparados farmacéuticos y actúa como disolvente de alto punto de ebullición en la transformación del petróleo. Se encuentra en tintas de imprenta especializadas y en algunos abriillantadores. La *4,4'-ditiomorfolina* se utiliza en la industria del caucho como protector antimanchas y como agente vulcanizante. En la industria del caucho, la *2-vinilpiridina* se convierte en un terpolímero que se utiliza en adhesivos para encolar hilos para neumáticos al caucho.

Algunos compuestos heterocíclicos, como la *morfolina*, el *mercaptobenzotiazol*, la *piperazina*, el *1,2,3-benzotriazol* y la *quinoleína*, actúan como inhibidores de la corrosión en el tratamiento de aguas industriales y del cobre. El *mercaptobenzotiazol* es también un inhibidor de la corrosión para aceites de corte y productos derivados del petróleo y un aditivo de presión extrema en lubricantes. La *morfolina* es un disolvente para resinas, ceras, caseína y tintes y un agente desespumante en las industrias del papel y los cartonajes. Además, se encuentra en insecticidas, fungicidas, herbicidas, anestésicos locales y antisépticos. El *1,2,3-benzotriazol* es un agente retardador, revelador y antivelo para emulsiones fotográficas, un componente de líquidos descongelantes para aviones militares y un agente estabilizante en la industria del plástico.

La *piridina* se utiliza en numerosas industrias como producto químico intermedio y como disolvente. Se emplea para elaborar vitaminas, fármacos, desinfectantes, tintes y explosivos y como auxiliar de la tinción en la industria textil. La *piridina* también es útil en las industrias del caucho y la pintura, en la perforación de pozos de gas y petróleo y en las industrias alimentaria y de bebidas no alcohólicas como agente aromatizante. Las *vinilpiridinas* se emplean en la producción de polímeros. El *sulfolano*, un disolvente y plastificante, se utiliza para extraer hidrocarburos aromáticos de las corrientes de las refinerías de petróleo, para el acabado de textiles y como componente de líquidos hidráulicos. El *tetrahidrotiofeno* es un disolvente y odorante de gases combustibles que se utiliza en sistemas de detección de fugas para la prevención de incendios en minas subterráneas. La *piperidina* se utiliza en la fabricación de productos farmacéuticos, agentes humectantes y germicidas. Es un endurecedor de resinas epoxi y un componente traza del gasóleo.

Riesgos

La *acridina* es un potente irritante que, en contacto con la piel o las mucosas, provoca picores, quemaduras, estornudos, lagrimeo

e irritación de la conjuntiva. Los trabajadores expuestos al polvo de cristales de *acridina* en concentraciones de entre 0,02 y 0,6 mg/m³ se quejaron de dolores de cabeza, alteraciones del sueño, irritabilidad y fotosensibilización y presentaron edema en los párpados, conjuntivitis, erupciones cutáneas, leucocitosis y aumento de la sedimentación de los hematíes. Estos síntomas no aparecieron con una concentración de *acridina* en suspensión en el aire de 1,01 mg/m³. Al calentarse, la *acridina* emite vapores tóxicos. La *acridina* y muchos de sus derivados han demostrado poseer propiedades mutágenas e inhibir la reparación del ADN y el crecimiento de las células en algunas especies.

En animales, las dosis cuasiletas de *aminopiridinas* producen un aumento de la excitabilidad a los ruidos y al tacto y provocan temblores, convulsiones clónicas y tetania, así como contracción de la musculatura esquelética y lisa, con vasoconstricción y aumento de la tensión arterial. Se ha observado que las *aminopiridinas* y algunas *alquilpiridinas* ejercen un efecto inotrópico y cronotrópico en el corazón. Las *vinilpiridinas* provocan convulsiones menos intensas. La intoxicación aguda puede deberse a la inhalación de polvo o vapor a concentraciones relativamente bajas o a la absorción cutánea.

Un riesgo común de la *benzantrona* es la sensibilización cutánea por exposición al polvo de *benzantrona*. La sensibilidad varía de una persona a otra, pero tras una exposición que puede durar entre algunos meses y varios años, las personas sensibles, especialmente las que son rubias o pelirrojas, desarrollan un eczema que puede ser intenso y cuya fase aguda puede dejar una pigmentación de color avellana o gris pizarra, especialmente alrededor de los ojos. Al microscopio se observa atrofia de la piel. Los problemas cutáneos producidos por la *benzantrona* son más frecuentes en la estación cálida y se agravan significativamente con el calor y la luz.

La *morfolina* es un compuesto moderadamente tóxico por vía digestiva y cutánea; la *morfolina* no diluida es un potente irritante de la piel y de los ojos, aunque no parece tener efectos tóxicos crónicos. Comporta un riesgo moderado de incendio cuando se expone al calor y en su descomposición térmica libera vapores que contienen óxidos de nitrógeno.

La *fenotiazina* exhibe propiedades irritantes nocivas y la exposición industrial puede provocar fotosensibilización y lesiones cutáneas, entre ellas queratitis fotosensible. Por lo que se refiere a sus efectos sistémicos, se han descrito casos de intoxicación grave en aplicaciones terapéuticas, caracterizados por anemia hemolítica y hepatitis tóxica. La baja solubilidad de este compuesto determina que la velocidad de absorción en el tracto gastrointestinal dependa del tamaño de las partículas. La forma micronizada del fármaco se absorbe rápidamente. La toxicidad de esta sustancia varía mucho de un animal a otro, siendo la DL₅₀ por vía oral en ratas de 5 g/kg.

Aunque la *fenotiazina* se oxida con bastante facilidad cuando se expone al aire, el riesgo de incendio no es elevado. Aún así, cuando se ve involucrada en un incendio, desprende óxidos de azufre y nitrógeno altamente tóxicos, que son peligrosos irritantes pulmonares.

La *piperidina* puede absorberse por vía respiratoria, digestiva o cutánea, produciendo en los animales una respuesta tóxica similar a la de las *aminopiridinas*. En dosis altas bloquea la conducción ganglionar. En pequeñas dosis provoca estimulación simpática y parasimpática por su efecto en los ganglios. Los síntomas de intoxicación consisten en un aumento de la tensión arterial y del ritmo cardíaco, náuseas, vómitos, salivación, dificultad respiratoria, debilidad muscular, parálisis y convulsiones.

Esta sustancia es altamente inflamable y desprende concentraciones explosivas de vapor a temperatura ambiente normal. Con ella deben adoptarse las mismas precauciones recomendadas para la piridina.

Piridina y sus homólogos. Los estudios clínicos de exposición humana han facilitado cierta información sobre la piridina, principalmente relacionada con tratamientos médicos o exposición a sus vapores. La piridina se absorbe por vía digestiva, cutánea o respiratoria. Los síntomas clínicos de intoxicación consisten en alteraciones gastrointestinales, con diarrea, dolor abdominal y náuseas, debilidad, cefalea, insomnio y nerviosismo. La exposición a concentraciones inferiores a las necesarias para producir signos clínicos evidentes puede causar lesiones hepáticas de grado variable, con degeneración grave del lóbulo central, congestión e infiltración celular. Las exposiciones repetidas a concentraciones bajas de piridina provocan cirrosis. El riñón parece ser menos sensible que el hígado a los daños inducidos por esta sustancia. En general, las piridinas y sus derivados producen irritación local cuando contactan con la piel, las mucosas y la córnea. Las lesiones hepáticas pueden producirse por exposición a concentraciones demasiado pequeñas como para provocar una respuesta del sistema nervioso, de manera que no siempre los trabajadores expuestos pueden advertir la presencia de esta sustancia. Además, aunque el olor de la piridina se detecta fácilmente a concentraciones de vapor inferiores a 1 ppm, no se puede confiar en el sentido del olfato porque rápidamente se adormece.

La piridina en estado líquido y gaseoso comporta un grave riesgo de incendio y explosión cuando se expone a las llamas; también puede reaccionar violentamente con sustancias oxidantes. Si se calienta hasta su descomposición, desprende vapores de cianuro.

El pirrol y la pirrolidina. El pirrol es un líquido inflamable que, al arder, libera óxidos de nitrógeno peligrosos. Este producto ejerce una acción depresora sobre el sistema nervioso central y, en caso de intoxicación grave, provoca lesiones hepáticas. Aunque se dispone de poca información sobre el grado de riesgo laboral de esta sustancia, siempre deben adoptarse medidas de protección y prevención contra incendios y se dispondrá de los medios adecuados para su extinción. Las personas que participen en la extinción de un incendio relacionado con el pirrol deberán utilizar equipos de protección respiratoria.

Existe también poca información sobre la exposición humana a pirrolidina. Su administración prolongada en ratas produjo

disminución de la diuresis, inhibición de la espermatogénesis, disminución de la hemoglobinemias y excitación nerviosa. Como ocurre con muchos compuestos nitrogenados, la acidez del estómago puede hacer que la pirrolidina se transforme en N-nitrosopirrolidina, un compuesto que ha demostrado ser cancerígeno para los animales de laboratorio. Algunos trabajadores expuestos a esta sustancia han sufrido cefalea y vómitos.

El líquido puede desprender concentraciones inflamables de vapor a temperaturas de trabajo normales y, en consecuencia, en aquellas zonas donde se utilice deberán eliminarse todas las llamas desnudas y demás agentes que puedan inflamar los vapores. Al arder, la pirrolidina desprende óxidos de nitrógeno peligrosos, y las personas expuestas a estos productos de combustión deben utilizar equipos adecuados de protección respiratoria. Para prevenir la diseminación del líquido en caso de accidente, habrá que construir muros y brocales alrededor de los tanques de almacenaje y de los vasos de reacción.

La *quinoleína* se absorbe a través de la piel (vía percutánea). Los síntomas clínicos de toxicidad son letargo, dificultad respiratoria y postración que puede llevar al coma. Esta sustancia es irritante para la piel y puede causar lesiones graves e irreversibles en la córnea. Es cancerígena para algunas especies animales, pero no se disponen de datos suficientes sobre el riesgo de cáncer en el ser humano. Aunque es moderadamente inflamable, no desprende concentraciones inflamables de vapores a temperaturas por debajo de 99 °C.

Vinilpiridina. Una breve exposición a los vapores de esta sustancia provoca irritación de ojos, nariz y garganta, cefalea, náuseas, nerviosismo y anorexia, con carácter transitorio. El contacto con la piel provoca un dolor ardiente seguido de quemaduras cutáneas graves. Puede aparecer sensibilización. El riesgo de incendio es moderado y la descomposición por calor va acompañada de la liberación de vapores peligrosos de cianuro.

Medidas de salud y seguridad

Deben adoptarse las precauciones de seguridad normales para la manipulación de los polvos y vapores de los productos químicos de este grupo. Puesto que algunos de ellos provocan sensibilización cutánea, es muy importante que existan unas instalaciones sanitarias y de lavado adecuadas. También es importante que los trabajadores tengan acceso a zonas limpias para comer.

TABLAS DE COMPUESTOS HETEROCICLICOS

Tabla 104.85 • Identificación química.

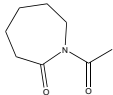
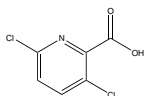
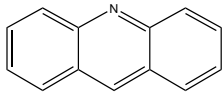
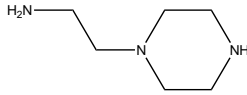
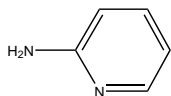
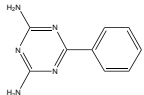
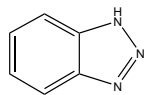
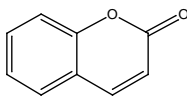
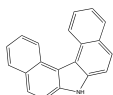

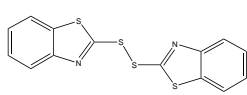
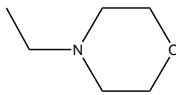
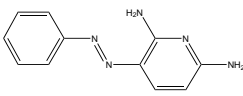
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
N-ACETILCAPROLACTAMA	Acetilcaprolactama; 1-acetilhexahidro-2H-azepin-2-ona	1888-91-1	
ACIDO 3,6-DICLOROPICOLINICO	Acido 3,6-dicloro-2-piridincarboxílico; ácido 2-piridincarboxílico, 3,6-dicloro-(9Cl)	1702-17-6	
ACRIDINA	Benzo(b)quinoleína; 2,3-benzoquinoleína; dibenzo(b,e)piridina UN2713	260-94-6	
N-AMINOETILPIPERAZINA	N-(2-Aminoetil)piperazina; 1-(2-aminoetil)piperazina UN2815	140-31-8	
2-AMINOPIRIDINA	o-Aminopiridina; α-aminopiridina; amino-2-piridina; α-piridinamina; α-piridilamina; 2-piridilamina UN2671	504-29-0	
BENZOGUANAMINA	4,6-Diamino-2-fenil-s-triazina; 2-fenil-4,6-diamino-s-triazina; 2-fenil-4,6-diamino-1,3,5-triazina	91-76-9	
1,2,3-BENZOTRIAZOL	1,2-Aminozofenileno; aziminobenceno; azimida bencénica; benzisotriazol; benzotriazol; 1H-triazaindono	95-14-7	
CUMARINA		91-64-5	
3,4,5,6-DIBENZOCARBAZOL	3,4,5,6-Dibenzocarbazol; 3,4,5,6-dinaftacarbazol; 7H-dibenzo(c,g)carbazol	194-59-2	
DIHIDROCLORURO DE PIPERAZINA	Sal dihidrocloruro de dietilendiamina; Dowzene DHC; hidrocloruro de piperazina	142-64-3	
DISULFURO DE 2-MERCAPTOBENZOTIAZOL	Disulfuro de 2-benzotiazolilo; disulfuro de benzotiazilo; bis-(benzotiazolil)-disulfuro; bis-(2-benzotiazil)-disulfuro; disulfuro de dibenzotiazolilo; disulfuro de dibenzotiazilo; disulfuro de dibenzotiazolilo; disulfuro de dibenzotiazilo; 2,2'-ditiobis-(benzotiazol); disulfuro de 2-mercaptobenzotiazilo	120-78-5	
N-ETILMORFOLINA	4-Etilmorfolina	100-74-3	
FENAZOPIRIDINA	2,6-Diamino-3-fenilazopiridina; fenazodina; 3-(fenilazo)-2,6-piridindiamina; 3-(fenilazo)-2,6-piridindiamina; piridium; pipiridium	94-78-0	

Tabla 104.85 • Identificación química.

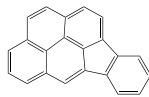
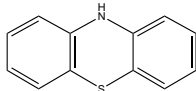
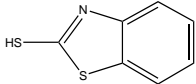
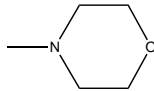
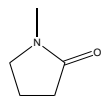
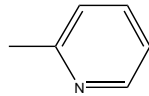
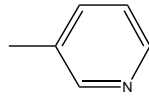
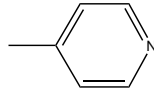

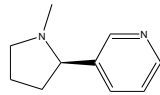
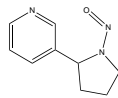



Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
FENILENPIRENO	Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno; α -fenilenpireno; 2,3-; 2,3- α -fenilenpireno; 1,10-(α -fenilen)-pireno; 1,10-(1,2-fenilen)-pireno	193-39-5	
FENOTIAZINA	Dibenzoparatiазina; dibenzotiazina; dibenzo-1,4-tiazina	92-84-2	
2-MERCAPTOBENZOTIAZOL	Benzotiazol-2-tiona; 2(3H)-benzotiazoletona; mercaptano de 2-benzotiazolilo; mercaptobenzotiazol	149-30-4	
N-METILMORFOLINA	Metilmorfolina; 4-metilmorfolina UN2535	109-02-4	
1-METIL-2-PIRROLIDINONA	N-Metilpirrolidinona; N-metil-2-pirrolidinona; 1-metil-5-pirrolidinona; N-metilpirrolidona; N-metil- α -pirrolidona; 1-metil-2-pirrolidona	872-50-4	
2-METILPIRIDINA	α -Metilpiridina; 2-picolina; α -picolina	109-06-8	
3-METILPIRIDINA	3-Picolina	108-99-6	
4-METILPIRIDINA	γ -Picolina; 4-picolina	108-89-4	
MORFOLINA	Oxido de dietilenimida; dietilenimidóxido; dietilenoximida; óxido de dietilenimida; drewamina; tetrahidro-p-isoxazina; tetrahidro-; tetrahidro-1,4-isoxazina; tetrahidro-1,4-oxazina UN2054	110-91-8	
NICOTINA	1-Metil-2-(3-piridil)-pirrolidina; 3-(N-metilpirrolidino)piridina; L-nicotina; 3-(tetrahidro-1-metilpirrol-2-ilo); α -piridil- α -N-metilpirrolidina; 1-metil-2-(3-piridal)-pirrolidina; tetrahidronicotirina UN1654	54-11-5	
N-NITROSONORNICOTINA	1'-Nitroso-1'-demetilnicotina; 1-nitroso-2-(3-piridil)-pirrolidina; 3-(1-nitroso-2-pirrolidinil)-piridina; (s)-NNN-3-(1-nitroso-2-pirrolidinil)-piridina	16543-55-8	
PIPERAZINA	1,4-Dietilendiamina; hexahidro-1,4-diazina; hexahidropirazina; piperazidina; piperazina anhidro; hexahidruo de pirazina UN2579	110-85-0	
PIPERIDINA	Azaciclohexano; ciclopentimina; hexahidropiridina; hexazano; pentametiliminina; hexahidropiridina UN2401	110-89-4	
PIRIDINA	UN1282	110-86-1	

Tabla 104.85 • Identificación química.



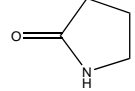
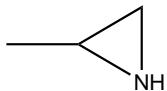
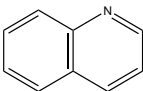
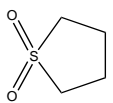
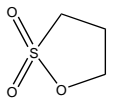



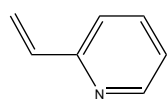
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
PIRIMIDINA	1,3-Diazabenceno; <i>m</i> -díazina; metadiazina	289-95-2	
PIRROLIDINA	Azaciclopentano; azolidina; prolamina; tetrahidropirrol; tetrahidropirrol; tetrametilenimina UN1922	123-75-1	
2-PIRROLIDINONA	Lactama del ácido 4-aminobutírico; butirolactama; 2-oxopirrolidina; α-pirrolidinona; pirrolidona; 2-pirrolidona	616-45-5	
PROPILENIMINA	2-Metilazaciclopropano; 2-metilaziridina; metiletilenimina; 2-metiletilenimina; 1,2-propilenimina UN1921	75-55-8	
QUINOLINA	1-Azanaftaleno; 1-benzacina; 1-bencina; benzo-(b)-piridina; UN2656	91-22-5	
SULFOLANO	Sulfona de tetrametileno cíclico; sulfona de ciclotetrametileno; sulfona de dihidrobutadieno; 1,1-dioxidotetrahidrotiofurano; 1,1-dioxidotetrahidrotiofeno; sulfalona; sulfolán; dióxido de tetrahidrotiofeno	126-33-0	
SULFONA DE 1,3-PROPANO	Sulfona de ácido 3-hidroxi-1-propanosulfónico; sulfona de ácido 3-hidroxi-1-propanosulfónico; 2,2-dioxido de 1,2-oxatrolano	1120-71-4	
TARTRATO NICOTINICO	Tartrato ácido nicotínico; bitartrato nicotínico; tartrato de nicotina UN1659	65-31-6	
TETRAHIDROTIOFENO	Tetrametilensulfuro; tiaciclopentano; tilano; tiofano UN2412	110-01-0	
TIOFENO	Sulfuro de divinileno; tiaciclopentadieno; tíafero; tiofurano; tiofuram; tiofururano; tiol; tiofén UN2414	110-02-1	
2-VINILPIRIDINA		100-69-6	

Tabla 104.86 • 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
ACIDO 3,6-DICLOROPICOLINICO 1702-17-6	ojos; tract resp	higado; riñones	Inhalación	Tos, embotamiento		
2-AMINOPIRIDINA 504-29-0			Inhalación	Convulsiones, mareo, cefalea, náuseas, disnea, debilidad, aumento de la tensión arterial, colapso	SNC; sis resp Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz, garganta; cef, mar, excitación; náu: PA alta; dif resp; deb; convuls; estupor
DISULFURO DE 2-MERCAPTOBENZOTIAZOL 120-78-5	ojos; piel; tract resp	piel	Inhalación Piel Ojos	Tos, dolor de garganta Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento		
FENILENPIRENO 193-39-5			Piel	Puede absorberse		
FENOTIAZINA 92-84-2	ojos; piel; tract resp; sangre; higado	piel	Inhalación Piel Ojos	Tos, dolor de garganta Puede absorberse, enrojecimiento, dolor, picores, piel de color amarillo-marrón Enrojecimiento, dolor, visión borrosa	Piel; SCV; higado; riñones Inh; abs; ing; con	Picores, piel enrojecida, irrit; hepatitis, anemia hemolítica, espasmos abdom, tacar; lesiones renales; fotosens cutánea
2-MERCAPTOBENZOTIAZOL 149-30-4	ojos	piel	Inhalación Piel Ojos	Tos Enrojecimiento Enrojecimiento, dolor		
2-METILPIRIDINA 109-06-8	ojos; piel; tract resp	piel; SNC	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, mareo, sopor, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, dolor de garganta, inconsciencia, debilidad Puede absorberse, sequedad de piel, enrojecimiento, sensación de quemazón, dolor, ampollas Dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves Dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, vómitos		
3-METILPIRIDINA 108-99-6	ojos; piel; tract resp	piel; SNC	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, mareo, sopor, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, dolor de garganta, inconsciencia, debilidad Puede absorberse, sequedad de piel, enrojecimiento, sensación de quemazón, dolor, ampollas Dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves Dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, vómitos		
4-METILPIRIDINA 108-89-4	ojos; piel; tract resp	piel; SNC	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, mareo, sopor, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, dolor de garganta, inconsciencia, debilidad Puede absorberse, sequedad de piel, enrojecimiento, sensación de quemazón, dolor, ampollas Dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves Dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, vómitos		

Tabla 104.86 • 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-METIL-2-PIRROLIDONA 872-50-4	tract resp; ojos	pulmones; médula ósea; sistema linfático	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, dificultad respiratoria Puede absorberse Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, pérdida de visión Espasmos abdominales, diarrea, dificultad respiratoria		
MORFOLINA 110-91-8	ojos; piel; tract resp; pulmones	higado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, disnea, dolor de garganta Puede absorberse, enrojecimiento, quemaduras en la piel, dolor Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor abdominal, tos, diarrea, vómitos	Sis resp; ojos; piel; higado; riñones Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, sis resp; dist vis; tos; en animales: lesiones hepáticas y renales
NICOTINA 54-11-5			Inhalación	Dolor abdominal, cefalea, náuseas, vómitos, temblores, convulsiones	SNC; SCV; pulmones; tract GI; sis repro Inh; abs; ing; con	Náu, saliv, dolor abdom, vómi, diarr; cef, mar, dist vis y aud; conf, deb, inco; fibri auricular paroxísmica; convuls, dis; en animales: efectos terato
PIPERIDINA 110-89-4			Inhalación	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria		
PIRIDINA 110-86-1	ojos; piel; tract resp; tract GI; SNC; SCV	piel; higado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, mareo, cefalea, náuseas, disnea, inconsciencia Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, diarrea, vómitos, debilidad	Ojos; piel; SNC; higado; riñones; tract GI Inh; abs; ing; con	Irrit ojos; cef, nerv, mar, insom; náu, anor, derm; lesiones hepáticas y renales
2-PIRROLIDINONA 616-45-5	ojos					
PROPILENIMINA 75-55-8	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, disnea, inconsciencia Puede absorberse, enrojecimiento, quemaduras en la piel, picores, ampollas Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Sensación de quemazón en el tracto digestivo, mareo, cefalea, náuseas, vómitos	Ojos; piel [en animales: tumores nasales] Inh; abs; ing; con	Quemaduras en ojos y piel; [carc]
QUINOLEINA 91-22-5	ojos; tract resp; SNC	higado; riñones; retina	Inhalación Piel Ojos	Tos, dificultad respiratoria, náuseas, disnea, vómitos, debilidad Puede absorberse, enrojecimiento, quemaduras en la piel Enrojecimiento, dolor, visión borrosa		
TARTRATO NICOTINICO 65-31-6	ojos; piel; SNC		Inhalación Piel Ojos	Dolor abdominal, cefalea, náuseas, vómitos, temblores, convulsiones Puede absorberse Enrojecimiento, dolor		
TETRAHIDROTIOFENO 110-01-0	ojos; piel; tract resp; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, cefalea, dolor de garganta Puede absorberse, enrojecimiento, sequedad de piel, sensación de quemazón Enrojecimiento, dolor de ojos Dolor abdominal		
TIOFENO 110-02-1	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos	Tos, dolor de garganta Puede absorberse Enrojecimiento, dolor		

Tabla 104.87 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ACIDO 3,6-DICLOROPICOLINICO 1702-17-6		<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al arder, liberando gases tóxicos y corrosivos • Reacciona con bases, formando sales • En solución es corrosivo para el aluminio, el hierro y el estaño 	
N-AMINOETILPIPERAZINA 140-31-8			8
2-AMINOPIRIDINA 504-29-0	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de explosión pulverulenta cuando se encuentra en forma de polvo o gránulos y se mezcla con el aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al arder liberando gases y vapores tóxicos, entre ellos óxidos nitrosos • Reacciona con oxidantes fuertes con peligro de incendio y explosión • Es una base fuerte soluble en agua 	6.1
BENZOGUANAMINA 91-76-9			6.1
DISULFURO DE 2-MERCAPTOBENZOTIAZOL 120-78-5		<ul style="list-style-type: none"> • En su combustión libera gases tóxicos: óxidos de carbono, azufre y nitrógeno • Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes 	
FENILENPIRENO 193-39-5		<ul style="list-style-type: none"> • Al calentarse, desprende vapores tóxicos 	
FENOTIAZINA 92-84-2		<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al calentarse y al arder, liberando vapores tóxicos e irritantes, entre ellos óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre 	
2-MERCAPTOBENZOTIAZOL 149-30-4		<ul style="list-style-type: none"> • En su combustión libera gases tóxicos (monóxido de carbono y compuestos de azufre) • Se descompone al calentarse y al arder, produciendo vapores tóxicos e irritantes (óxidos de azufre y nitrógeno) • Reacciona con ácidos, desprendiendo vapores altamente tóxicos de compuestos de azufre • Reacciona con ácidos o vapores ácidos, produciendo vapores tóxicos (compuestos azufrados) 	
2-METILPIRIDINA 109-06-8		<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos (óxidos de nitrógeno) • Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes • Ataca el cobre y sus aleaciones 	3
3-METILPIRIDINA 108-99-6		<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos (óxidos de nitrógeno) • Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes 	3
4-METILPIRIDINA 108-89-4		<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos (óxidos de nitrógeno) • Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes 	3
1-METIL-2-PIRROLIDONA 872-50-4		<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al calentarse por encima de 315 °C, produciendo vapores tóxicos • Reacciona con ácidos fuertes • Ataca el aluminio 	
MORFOLINA 110-91-8		<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos (óxidos de nitrógeno) • Es una base débil • Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio • Ataca el cobre y sus compuestos 	3
NICOTINA 54-11-5		<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos • Reacciona violentamente con oxidantes fuertes • Ataca el caucho y algunos plásticos 	
PIPERAZINA 110-85-0			8
PIPERIDINA 110-89-4	<ul style="list-style-type: none"> • El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Se descompone al calentarse y al arder, liberando gases tóxicos como óxidos de nitrógeno • Es una base de fuerza intermedia • Reacciona violentamente con oxidantes 	3/ 8
PIRIDINA 110-86-1	<ul style="list-style-type: none"> • El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> • En su combustión libera vapores tóxicos (aminas) • Se descompone al calentarse o al arder, produciendo vapores tóxicos (óxidos de nitrógeno y cianuro de hidrógeno) • Reacciona violentamente con oxidantes fuertes y ácidos fuertes 	3

Tabla 104.87 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
PIRROLIDINA 123-75-1			3/ 8
2-PIRROLIDINONA 616-45-5		• Se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos • Reacciona con ácidos fuertes, compárese con la metilpirrolidona • Ataca el aluminio	
PROPILENIMINA 75-55-8			3
QUINOLINA 91-22-5		• La sustancia se descompone al calentarse y al arder, produciendo vapores tóxicos de óxidos de nitrógeno • Reacciona con oxidantes fuertes y anhídrido maleico	6.1
TARTRATO NICOTINICO 65-31-6		• Con esta sustancia se forman compuestos sensibles a impactos • Se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos • Es un agente reductor fuerte y reacciona con oxidantes	6.1
TETRAHIDROTIOFENO 110-01-0	• El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	• En su combustión libera vapores tóxicos • Reacciona violentamente con oxidantes fuertes y ácido nítrico • Ataca el caucho	3
TIOFENO 110-02-1	• El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia • Pueden generarse cargas electrostáticas por flujo, agitación, etc.	• Se descompone al calentarse y al arder, produciendo vapores tóxicos e irritantes (óxidos de azufre) • Reacciona violentamente con materiales oxidantes, entre ellos el ácido nítrico fumante	3
2-VINILPIRIDINA 100-69-6			6.1/ 3

Tabla 104.88 • 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)
ACIDO 3,6-DICLOROPICOLINICO 1702-17-6	solido cristalino blanco; cristales incoloros		151-152	192,0	1.000 ppm @ 25 °C	0,8		0,003 Pa			
ACRIDINA 260-94-6	agujas o prismas romboédricos en alcohol; monoclinicos, ortorrómbicos; agujas incoloras pequeñas; placas ortorrómbicas, agujas en alcohol diluido; pequeños cristales incoloros o de color amarillo pálido	346	111	179,21	lig sol	1,005		1 mm Hg @ 129 °C			
N-AMINOETILPIPERAZINA 140-31-8	líquido	220	-17,6	129,2	sol	0,9837	4,4			93 oc	

Tabla 104.88 • 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-AMINOPIRIDINA 504-29-0	laminillas blancas o cristales grandes incolores; cristales o polvo blanco	211	58	94,11	misc		3,25	0,13		68 cc	
BENZOGUANAMINA 91-76-9	cristales		227	187,20	0,6 %	1,40 @ 25 °C/4 °C					
1,2,3-BENZOTRIAZOL 95-14-7	agujas en benceno; polvo cristalino entre blanco y ligeramente tostado	204 @ 15 mm Hg	98,5	119,12	lig sol						
CUMARINA 91-64-5	cristales romboidales, piramidales en éter; placas ortorrómbicas rectangulares; sólido blanco, cristalino	301,72	71	146,14	1 g/ 400 ml (en frío)	0,935 a 20/4 °C			1 mm Hg a 106,0 °C		
3,4,5,6-DIBENZOCARBAZOL 194-59-2	agujas en etanol		158	267,34							
DIHIDROCLORURO DE PIPERAZINA 142-64-3	polvo cristalino color crema; agujas blancas			159,07	41 %						
DISULFURO DE 2-MERCAPTOBENZOTIAZOL 120-78-5	agujas de color amarillo pálido en benceno; polvo fluyente		180	332,46	insol	1,50					
N-ETILMORFOLINA 100-74-3	líquido incoloro	138,5	-62,78	115,2	misc	0,8996	4,0		6,1 mm Hg @ 20 °C		
FENAZOPIRIDINA 94-78-0	cristales de color amarillo-marrón		139	213,25	388 mg/l @ 25 °C (est.)				4,57x10-12 mm Hg @ 25 °C		
FENILENPIRENO 193-39-5	agujas o placas amarillas en fracciones ligeras de petróleo	530	162,5- 164		insol				1,0x10-10 torr		
FENOTIAZINA 92-84-2	laminillas rómbicas amarillas o placas con forma de diamante en tolueno o butanol; prismas amarillos en alcohol; polvo, gránulos o escamas de color verde grisáceo o amarillo verdoso	371	185,1	186,26	insol						
2-MERCAPTOBENZOTIAZOL 149-30-4	agujas o laminillas monoclinicas de color amarillo pálido; polvo amarillento; agujas en alc. o metanol diluido; polvo cristalino entre amarillento y tostado		181	167,2	insol	1,42					
N-METILMORFOLINA 109-02-4		115-116		101,14	sol	0,9051					
2-METILPIRIDINA 109-06-8	líquido incoloro	129	-70	93,12	muy sol	0,9443	3,2	1,2	1,4 li 8,6 ls	39	535

Tabla 104.88 • 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)
3-METILPIRIDINA 108-99-6	líquido incoloro	143-144	-18,3	93,12	misc	0,9613 @ 15 °C/4 °C	3,2	6,05 mm Hg @ 25 °C	1,3 li 8,7 ls	38 cc	
4-METILPIRIDINA 108-89-4	líquido incoloro	145	3,6	93,12	misc	0,9548	3,2	1,3 @ 25 °C	1,3 li 8,7 ls	57 ca	
1-METIL-2-PIRROLIDONA 872-50-4	líquido incoloro	202	24	99,13	muy sol	1,0260 @ 25 °C/ 25 °C	3,4	66 Pa @ 25 °C	0,99 li 3,9 ls	91	270
MORFOLINA 110-91-8	líquido incoloro; líquido móvil	128,9	-4,9	87,12	misc	1,0007	3	1,06	2,0 li 11,2 ls	38 cc	310
NICOTINA 54-11-5	líquido oleaginoso incoloro o amarillo pálido; aceite espeso de color agua que se vuelve marrón	246,7 @ 745 mm Hg	-79	162,23	misc	1,0097	5,61	133 Pa @ 62 °C	0,7 li 4,0 ls	95	244
N-NITROSONORNICOTINA 16543-55-8	aceite amarillo	154 @ 0,2 mm Hg	47	177,23				0,2 mm Hg @ 154 °C			
PIPERAZINA 110-85-0	laminillas o placas en etanol; grumos o escamas blancas o ligeramente blancuzcas; cristales aciculares incoloros y transparentes	146	106	86,14	muy sol	1,1	3,0			81 ca	
PIPERIDINA 110-89-4	líquido incoloro y transparente	106 @ 760 mm Hg	-7	85,15	muy sol	0,8622	3,0	5,3 @ 29,2 °C		16 cc	
PIRIDINA 110-86-1	líquido incoloro; ligeramente amarillo	115,2	-42	79,10	misc	0,9819	2,73	2,0	1,8 li 12,4 ls	17 cc	482
PIRIMIDINA 289-95-2		123,8	22	80,09	misc						
PIRROLIDINA 123-75-1	líquido incoloro o amarillo pálido	88,5-89	-57,8	71,12	misc	0,8520 @ 22,5 °C/4 °C	2,45	128 mm Hg @ 39 °C	2,9 li @ -2 °C 13,0 ls @ 29,8 °C		
2-PIRROLIDINONA 616-45-5	líquido	250 @ 742 mm Hg	25	85,1	muy sol	1,120	2,93			110 cc	
PROPILENIMINA 75-55-8	líquido oleaginoso incoloro	66	-65	57,1	sol	0,812 @ 16 °C/4 °C	2,0	14,9		-39 cc	
QUINOLINA 91-22-5	líquido incoloro o marrón	237,7	-15	129,16	insol	1,0929	4,45	0,1	1,2 li 7 ls	99	480
SULFOLANO 126-33-0	polvo cristalino blanco o blanco cremoso	285	27,4- 27,8	120,16	misc	1,2606 @ 30 °C/4 °C		0,0062 mm Hg @ 27,6 °C		177 ca	
SULFONA DE 1,3-PROPANO 1120-71-4	líquido incoloro o cristales blancos	180 @ 0,039 atm.	31	122,1	100 g/l	1,393 @ 40 °C/4 °C					
TARTRATO NICOTINICO 65-31-6	placas blancas		90	462,46	sol						

Tabla 104.88 • 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)
TETRAHIDROTIOFENO 110-01-0	liquido de color de agua	121,0	-96,1	88,2	insol	0,9987	3,05	2,4 @ 25 °C	1,1 li 12,1 ls	12	200
TIOFENO 110-02-1	liquido incoloro	84,16	-38,25	84,14	insol	1,06494	2,9	5,3 @ 12,5 °C		-1	
2-VINILPIRIDINA 100-69-6	liquido incoloro	159-160	159-160	105,1	lig sol	0,9983		10 mm Hg @ 44,5 °C			

PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS SATURADOS Y ALICICLICOS

HIDROCARBUROS SATURADOS Y ALICICLICOS

Los hidrocarburos alifáticos son compuestos formados por carbono e hidrógeno. Pueden ser moléculas ramificadas o lineales de cadena abierta, saturada o insaturada, siendo su nomenclatura la siguiente:

- parafinas (o alcanos)—hidrocarburos saturados
- olefinas (o alquenos)—hidrocarburos insaturados con uno o más dobles enlaces
- acetilenos (o alquinos)—hidrocarburos insaturados con uno o más triples enlaces

Las fórmulas generales son C_nH_{2n+2} para las parafinas, C_nH_{2n} para las olefinas, y C_nH_{2n-2} para los acetilenos.

Las moléculas más pequeñas son gases a temperatura ambiente (C_1 a C_4). Al aumentar el tamaño y la complejidad estructural de la molécula, ésta se hace líquida y su viscosidad aumenta con el número de carbonos (C_5 a C_{16}). Por último, los hidrocarburos de alto peso molecular son sólidos a temperatura ambiente (mayores de C_{16}).

Los hidrocarburos alifáticos de uso industrial derivan principalmente del petróleo, que es una mezcla compleja de hidrocarburos. Se obtienen por craqueado, destilación y fraccionamiento del petróleo crudo.

El metano, el miembro inferior de la serie, constituye un 85 % del gas natural, que puede ser extraído directamente de bolsas o reservorios existentes cerca de los yacimientos de petróleo. La condensación fraccionada de gas natural permite obtener grandes cantidades de pentano.

Usos

Los hidrocarburos saturados se utilizan en la industria como combustibles, lubricantes y disolventes. Una vez sometidos a procesos de alquilación, isomerización y deshidrogenación, pueden actuar también como materias primas para la síntesis de pinturas, revestimientos protectores, plásticos, caucho sintético, resinas, pesticidas, detergentes sintéticos y una gran variedad de productos petroquímicos.

Los combustibles, lubricantes y disolventes son mezclas que contienen muchos hidrocarburos diferentes. El *gas natural* se ha distribuido durante mucho tiempo en forma gaseosa para su uso como gas ciudad. Actualmente se licúa en grandes cantidades, se transporta refrigerado y se almacena como líquido refrigerado hasta que se introduce, sin modificar o reformado, en un sistema de distribución de gas ciudad. Los *gases licuados del petróleo* (LPGs), constituidos principalmente por *propano* y *butano*, se transportan y almacenan a presión o como líquidos refrigerados y se utilizan también para aumentar el suministro de gas ciudad. Se emplean directamente como combustibles, sobre todo en trabajos metalúrgicos de alta calidad que requieren un combustible exento de azufre, en trabajos de soldadura y corte al oxipropano, y en todas aquellas circunstancias en que el aumento de la demanda de combustibles gaseosos por parte de la industria pesada no pueda ser cubierto por el suministro público. Los depósitos utilizados para su almacenamiento varían en tamaño desde aproximadamente 2 toneladas hasta varios miles de toneladas. Los gases licuados del petróleo se utilizan también como propulsores en muchos tipos de aerosoles, y los miembros superiores de la serie, desde el *heptano* en adelante, se utilizan como combustibles para motores y como disolventes. El *isobutano* se emplea para controlar

la volatilidad de la gasolina y es un componente del líquido de calibración de instrumentos. El *isooctano* es el combustible utilizado como patrón de referencia para el octanaje de combustibles, y el *octano* es un ingrediente de los combustibles antidetonantes para motores. Además de ser un componente de la gasolina, el *nonano* es también un componente de los detergentes biodegradables.

El principal uso del *hexano* es como disolvente de gomas, cementos y adhesivos para la producción de calzado, tanto de cuero como de plástico. Se usa también como disolvente de colas en el montaje de muebles, como adhesivo para papeles de pared, como disolvente de colas en la producción de bolsos y maletas de cuero y cuero artificial, en la fabricación de impermeables, en el recauchutado de neumáticos y en la extracción de aceites vegetales. En muchos casos, el hexano ha sido sustituido por *heptano* debido a la toxicidad del *n*-hexano.

Es imposible enumerar todas las ocasiones en las que el hexano puede estar presente en el medio ambiente de trabajo. Como regla general, su presencia puede sospecharse en disolventes volátiles y desengrasantes que contengan hidrocarburos derivados del petróleo. El *hexano* se utiliza también como agente limpiador en las industrias de tejidos, muebles y cuero.

Los hidrocarburos alifáticos utilizados como materias primas de productos intermedios para síntesis pueden ser compuestos individuales de gran pureza o mezclas relativamente simples.

Riesgos

Incendio y explosión

La construcción de grandes complejos para almacenar gas metano y después LPG se ha asociado a explosiones de gran magnitud y efectos catastróficos, que han puesto de manifiesto el peligro que su pone un derrame masivo de estas sustancias. La mezcla inflamable de gas y aire puede recorrer grandes distancias, incluso superando las distancias que se consideran adecuadas en términos de seguridad, con el resultado de que la mezcla inflamable puede arder por la presencia de un fuego doméstico o el motor de un automóvil situados fuera del perímetro de la zona considerada de riesgo. El vapor puede incendiarse en una gran área, y la propagación de la llama por la mezcla puede realizarse con una violencia explosiva. Muchos incendios y explosiones menores, aunque importantes, se han producido durante el uso de estos hidrocarburos gaseosos.

Los mayores incendios causados por los hidrocarburos líquidos se han producido como consecuencia de escapes masivos de líquidos, que alcanzaron una parte de la fábrica con una fuente de ignición o se extendieron sobre una gran superficie y se evaporaron rápidamente. La explosión de Flixborough (Reino Unido) se atribuyó a un escape de ciclohexano.

Riesgos para la salud

Los dos primeros elementos de la serie, el metano y el etano, son farmacológicamente "inertes" y pertenecen a un grupo de gases llamado "asfixiantes simples". Estos gases pueden ser tolerados en altas concentraciones en el aire inspirado sin producir efectos sistémicos. Cuando la concentración es lo bastante alta como para diluir o desplazar el oxígeno normalmente presente en el aire, sus efectos se producen por ausencia de oxígeno y asfixia. El *metano* es inodoro y, por tanto, difícil de detectar. Su baja densidad hace que tienda a acumularse en zonas mal ventiladas, donde produce una atmósfera asfixiante. El etano, a concentra-

ciones inferiores a 50.000 ppm (5 %) en la atmósfera, no produce efectos sistémicos por inhalación.

Desde el punto de vista farmacológico, los hidrocarburos superiores al etano pueden considerarse dentro del grupo de los anestésicos generales, en esa larga lista de sustancias conocidas como depresores del sistema nervioso central. Los vapores de estos hidrocarburos producen una ligera irritación de las mucosas. La intensidad de la irritación aumenta de pentano a octano. En general, la toxicidad de los alcanos aumenta al hacerlo el número de carbonos de la molécula. Asimismo, los alcanos de cadena lineal son más tóxicos que los isómeros ramificados.

Los hidrocarburos parafínicos líquidos son disolventes de grasas e irritantes primarios de la piel. El contacto repetido o prolongado con la piel, la seca y desengrasa, con resultado de irritación y dermatitis. El contacto directo de los hidrocarburos líquidos con el tejido pulmonar (por aspiración) produce neumonitis química, edema pulmonar y hemorragia. La intoxicación crónica por *n*-hexano o mezclas que contengan *n*-hexano puede causar polineuropatía.

La exposición breve a concentraciones de propano de 10.000 ppm (1 %) no produce síntomas en el ser humano. La concentración de 100.000 ppm (10 %) no es irritante para los ojos, la nariz ni el tracto respiratorio, si bien produce un ligero mareo al cabo de unos minutos. El *gasbutano* causa sopor, pero no efectos sistémicos, con exposiciones a 10.000 ppm (1 %) durante 10 minutos.

El *pentano* es el miembro inferior de la serie que es líquido a temperatura y presión ambiente. En estudios realizados en sujetos humanos, una exposición de 10 minutos a 5.000 ppm (0,5 %) no produjo irritación de las mucosas ni otros síntomas.

El *heptano* causó un ligero mareo en hombres expuestos durante 6 minutos a 1.000 ppm (0,1 %) y durante 4 minutos a 2.000 ppm (0,2 %). La exposición durante 4 minutos a 5.000 ppm (0,5 %) de heptano causó un intenso mareo, incapacidad de caminar en línea recta, hilaridad y descoordinación. Estos efectos sistémicos se produjeron en ausencia de irritación de las mucosas. La exposición durante 15 minutos a esa concentración de heptano produjo un estado de intoxicación caracterizado por hilaridad incontrolada en algunos individuos, y en otros produjo estupor, que duró hasta 30 minutos después de cesar la exposición. En muchos casos, estos síntomas se intensificaron o manifestaron por primera vez al entrar en una atmósfera no contaminada. Los individuos presentaron también pérdida de apetito, leves náuseas, y un sabor semejante a gasolina durante varias horas después de la exposición a heptano.

El *octano* a concentraciones de entre 6.600 y 13.700 ppm (de 0,66 a 1,37 %) causó narcosis en ratones durante 30-90 minutos. La exposición a concentraciones menores de 13.700 ppm (1,37 %) no provocó muerte ni convulsiones.

Ante la posibilidad de que, en una mezcla de alcanos, sus componentes tengan efectos tóxicos aditivos, el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) de Estados Unidos ha recomendado mantener un valor límite umbral para alcanos totales (C_5 a C_8) de 350 mg/m³ como media ponderada en el tiempo, con un valor máximo para 15 minutos de 1.800 mg/m³. El *n*-hexano se considera por separado debido a su neurotoxicidad.

***n*-Hexano**

El *n*-hexano es un hidrocarburo alifático (o alcano) de cadena lineal y saturado, con la fórmula general C_nH_{2n+2} y uno de la serie de hidrocarburos con puntos de ebullición bajos (entre 40 y 90 °C) que pueden obtenerse del petróleo mediante diversos procesos (craqueo, rectificación). Estos hidrocarburos son una mezcla de alcanos y cicloalcanos con cinco a siete átomos de

carbono (*n*-pentano, *n*-hexano, *n*-heptano, isopentano, ciclopentano, 2-metilpentano, 3-metilpentano, ciclohexano, metilciclo-pentano). Su destilación fraccionada permite obtener hidrocarburos simples con diversos grados de pureza.

El hexano se vende comercialmente como una mezcla de isómeros con seis átomos de carbono y un punto de ebullición comprendido entre 60 y 70 °C. Los isómeros más comunes son 2-metilpentano, 3-metilpentano, 2,3-dimetilbutano y 2,2-dimetilbutano. El término *hexano técnico* de uso comercial se refiere a una mezcla que contiene no sólo *n*-hexano y sus isómeros, sino también otros hidrocarburos alifáticos con cinco a siete átomos de carbono (pentano, heptano y sus isómeros).

Los hidrocarburos con seis átomos de carbono, entre ellos el *n*-hexano, están presentes en los siguientes derivados del petróleo: éter de petróleo, gasolina, nafta y ligroína, y combustibles para reactores.

La exposición a *n*-hexano puede ser o no de origen profesional. En el entorno de trabajo puede ocurrir como resultado de la utilización de disolventes para colas, cementos, adhesivos y líquidos desengrasantes. El contenido de *n*-hexano de estos disolventes varía. En pegamentos para calzado y caucho, puede llegar hasta el 40 ó 50 % del disolvente en peso. Los usos aquí mencionados son los que han causado enfermedades profesionales en el pasado y, en algunos casos, el hexano ha sido ya sustituido por heptano. Puede también producirse exposición profesional a *n*-hexano por inhalación de vapores de petróleo en depósitos de combustible o talleres de reparación de automóviles. No obstante, el peligro de esta forma de exposición profesional es muy pequeño, puesto que la concentración de *n*-hexano en la gasolina para automóviles se mantiene por debajo del 10 % debido a la necesidad de un alto índice de octanaje.

La exposición no profesional se produce sobre todo en niños o drogadictos que esnifan pegamento o gasolina. En este caso, el contenido de *n*-hexano varía desde un alto porcentaje en el pegamento hasta 10 % o menos en la gasolina.

Riesgos

El *n*-hexano puede penetrar en el organismo por dos vías: por inhalación o a través de la piel. Sea cual sea la vía, la absorción es lenta. De hecho, las medidas de la concentración en equilibrio de *n*-hexano en el aire espirado han demostrado el paso de los pulmones a la sangre de una fracción del *n*-hexano inhalado de entre el 5,6 y el 15 %. La absorción a través de la piel es extremadamente lenta.

El *n*-hexano produce los mismos efectos en la piel que los descritos previamente para otros hidrocarburos alifáticos líquidos. El hexano tiende a evaporarse cuando se ingiere o aspira en el árbol traqueobronquial. El resultado puede ser su rápida dilución en el aire alveolar y un descenso marcado del contenido de oxígeno, con asfixia y consiguiente lesión cerebral o parada cardíaca. Las lesiones irritativas pulmonares que se producen después de la aspiración de homólogos superiores (p. ej. octano, nonano, decano, etc.) y de mezclas de los mismos (p. ej. queroseno) no parecen deberse al hexano. Los efectos agudos o crónicos se producen casi siempre por inhalación. El hexano exhibe una toxicidad aguda tres veces mayor que el pentano. Los efectos agudos se producen por exposición a altas concentraciones de vapor de *n*-hexano y van desde mareo después de una exposición breve a concentraciones de aproximadamente 5.000 ppm, hasta convulsiones y narcosis observadas en animales a concentraciones de aproximadamente 30.000 ppm. En el ser humano, la exposición durante 10 minutos a una concentración de 2.000 ppm (0,2 %) no produce síntomas. La exposición a 880 ppm durante 15 min puede causar irritación de los ojos y el tracto respiratorio superior.

Los efectos crónicos se producen por exposición prolongada a dosis que no producen síntomas agudos aparentes y tienden a desaparecer lentamente cuando finaliza la exposición. A finales del decenio de 1960 y principios del decenio de 1970, se detectaron algunos brotes de polineuropatías sensorimotoras y sensoriales en trabajadores expuestos a mezclas de disolventes que contenían *n*-hexano en concentraciones de entre 500 y 1.000 ppm, con algunos picos mayores y algunos casos de sintomatología con concentraciones de tan sólo 50 ppm. Se observaron también algunos casos de atrofia muscular y afectación de nervios craneales, con trastornos visuales y parálisis facial. Aproximadamente un 50 % mostró desnervación y regeneración de los nervios. También se notificó sensación de hormigueo, entumecimiento y debilidad de las extremidades, principalmente en las piernas. A menudo se observó marcha vacilante. Los reflejos del tendón de Aquiles desaparecieron; la sensación de tacto y calor disminuyeron. El tiempo de conducción se redujo en los nervios motores y sensoriales de brazos y piernas.

El curso de la enfermedad es, en general, muy lento. Después de la aparición de los primeros síntomas, suele producirse un deterioro del cuadro clínico por agravamiento de la deficiencia motora de las regiones afectadas en un principio y su extensión a aquellas que hasta entonces se habían mantenido intactas. Este deterioro puede persistir varios meses después de haber cesado la exposición. La lesión suele extenderse de los miembros inferiores a los superiores. En casos muy graves aparece parálisis motora ascendente con deficiencia funcional de los músculos respiratorios. La recuperación puede durar entre 1 y 2 años; generalmente es completa, aunque en algunos casos persiste la disminución de los reflejos tendinosos, en particular los del tendón de Aquiles pese a un estado de salud aparentemente bueno.

En casos graves de intoxicación con *n*-hexano, se han observado síntomas en el sistema nervioso central (defectos de la función visual o de la memoria) relacionados con una degeneración del núcleo visual y las estructuras hipotalámicas, que pueden ser permanentes.

Con respecto a las pruebas de laboratorio, los análisis hematológicos y hematológicos más habituales no muestran cambios característicos; tampoco los análisis de orina, que sólo detectan un aumento de la creatinuria en casos graves de parálisis con hipotrofia muscular.

En el examen del líquido cefalorraquídeo no se producen hallazgos característicos, manométricos ni cualitativos, excepto en casos raros de aumento del contenido de proteínas. Al parecer, solamente el sistema nervioso muestra cambios característicos. Los electroencefalogramas (EEG) suelen ser normales. No obstante, en casos graves de enfermedad se pueden detectar disrritmias, molestias generalizadas o subcorticales e irritabilidad. La prueba más útil es la electromiografía (EMG). Los hallazgos indican lesiones mielínicas y axonales de los nervios distales. La velocidad de conducción motora (MCV) y la velocidad de conducción sensitiva (SCV) se reducen, la latencia distal (LD) se altera y el potencial sensorial (SPA) disminuye.

El diagnóstico diferencial con respecto a otras polineuropatías periféricas se basa en la simetría de la parálisis, en la bajísima frecuencia de pérdida sensorial, en la ausencia de cambios en el líquido cefalorraquídeo y, sobre todo, en el conocimiento de que se ha producido una exposición a disolventes que contienen *n*-hexano y en la aparición de más de un caso con síntomas similares en el mismo lugar de trabajo.

Experimentalmente, el *n*-hexano de grado técnico causa trastornos en los nervios periféricos de los ratones a concentraciones iguales o superiores a 250 ppm después de 1 año de exposición. Los estudios metabólicos han demostrado que, en cobayas, el *n*-hexano y la metil butil cetona (MBK) se metabolizan a los

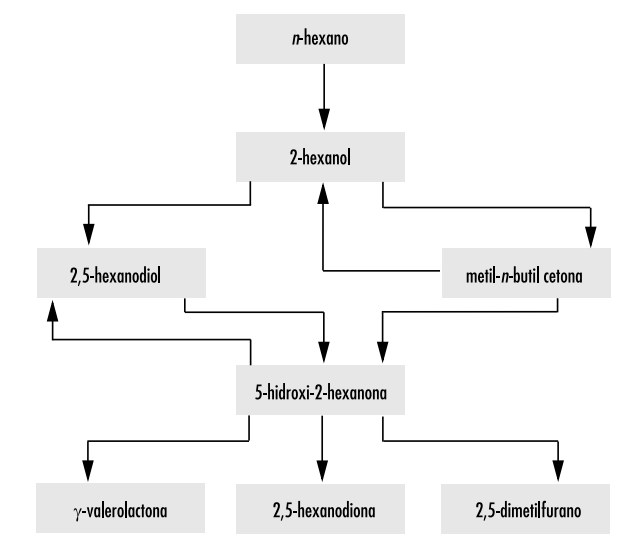
mismos compuestos neurotóxicos (2-hexanodiol y 2,5-hexanodiona).

En biopsias musculares se han observado modificaciones anatómicas de los nervios que explican las manifestaciones clínicas antes descritas, tanto en animales de laboratorio como en sujetos humanos enfermos. Schaumberg y Spencer consiguieron por primera vez en 1976 reproducir experimentalmente la poli-neuritis por *n*-hexano. Las modificaciones anatómicas de los nervios se asocian a degeneración axonal. Esta degeneración axonal y la desmielinización resultante de las fibras comienza en la periferia, en particular en las fibras más largas, y tiende a avanzar hacia el centro, aunque la neurona no muestra signos de degeneración. El cuadro anatómico no es específico de la patología del *n*-hexano, si no común a una serie de enfermedades nerviosas causadas por venenos de uso industrial y no industrial.

Un aspecto muy interesante de la toxicología del *n*-hexano es la identificación de los metabolitos activos de la sustancia y sus relaciones con la toxicología de otros hidrocarburos. En primer lugar parece ser que la patología nerviosa está causada solamente por *n*-hexano y no por sus isómeros ni por *n*-pentano o *n*-heptano puros.

En la Figura 104.1 se muestra la ruta metabólica de *n*-hexano y metil *n*-butil cetona en el ser humano. Puede observarse que los dos compuestos tienen una ruta metabólica común y que la MBK puede formarse a partir de *n*-hexano. La patología nerviosa se ha reproducido con 2-hexanol, 2,5-hexanodiol y 2,5-hexanodiona. Es evidente, como se ha demostrado en experimentos animales y en la práctica clínica, que la MBK también es neurotóxica. El más tóxico de los metabolitos de *n*-hexano es la 2,5-hexanodiona. Otro aspecto importante de la relación entre el metabolismo del *n*-hexano y la toxicidad es el efecto sinérgico que ha demostrado tener la metil etil cetona (MEK) en la neurotoxicidad producida por *n*-hexano y MBK. La MEK no es neurotóxica en sí misma para animales ni seres humanos, pero causa lesiones de los sistemas nerviosos periféricos en animales tratados con *n*-hexano o MBK, que aparecen más rápidamente que las lesiones similares provocadas sólo por dichas sustancias. La explicación más probable es una interferencia metabólica de MEK con la ruta que convierte *n*-hexano y MBK en los metabolitos neurotóxicos mencionados antes.

Figura 104.1 Ruta metabólica del *n*-hexano y la metil-*n*-butil cetona.



Medidas de salud y seguridad

De las observaciones anteriores se deduce que debe evitarse la asociación de *n*-hexano con MBK o MEK en disolventes de uso industrial. Siempre que sea posible, se sustituirá *heptano* por hexano.

Con respecto a los TLV en vigor para *n*-hexano, se han observado alteraciones EMG en trabajadores expuestos a concentraciones de 144 mg/ml (40 ppm) que están ausentes en los trabajadores no expuestos a *n*-hexano. El seguimiento médico de los trabajadores expuestos se basa en los datos relativos a la concentración de *n*-hexano en la atmósfera y en observaciones clínicas, principalmente en el campo neurológico. El seguimiento biológico de la 2,5-hexanodiona en la orina es el indicador más útil de la exposición, aunque la MBK puede interferir con esta medición. En caso necesario, la medición de *n*-hexano en el aire espirado al final del turno de trabajo puede confirmar la exposición.

Cicloparafinas (cicloalcanos)

Las cicloparafinas son hidrocarburos alicíclicos en los que tres o más átomos de carbono de cada molécula se unen formando una estructura en anillo y cada uno de los átomos de carbono del anillo se unen a dos átomos de hidrógeno o grupos alquilo. Los miembros de este grupo tienen la fórmula general C_nH_{2n} . Entre los derivados de estas cicloparafinas se encuentran compuestos como el metilciclohexano ($C_6H_{11}CH_3$). Desde el punto de vista de la seguridad y la salud en el trabajo, los más importantes de ellos son el ciclohexano, el ciclopropano y el metilciclohexano.

El *ciclohexano* se utiliza en decapantes y barnices; como disolvente de lacas y resinas, caucho sintético, y grasas y ceras en la industria de perfumes; como producto químico intermedio en la fabricación de ácido adípico, benceno, cloruro de ciclohexilo, nitrociclohexano, ciclohexanol y ciclohexanona; y para determinaciones de peso molecular en química analítica. El *ciclopropano* es un anestésico general.

Riesgos

Las cicloparafinas y sus derivados son líquidos inflamables, y sus vapores forman concentraciones explosivas con el aire a temperatura ambiente normal.

Pueden producir efectos tóxicos por inhalación e ingestión, y tienen una acción irritante y desengrasante de la piel. En general, las cicloparafinas son anestésicos y depresores del sistema

nervioso central, pero su toxicidad aguda es escasa y al ser eliminadas casi por completo del organismo, el peligro de intoxicación crónica es relativamente pequeño.

Ciclohexano. La toxicidad aguda del ciclohexano es muy pequeña. En ratones, la exposición a una concentración de 18.000 ppm (61,9 mg/l) de vapor de ciclohexano en el aire produjo temblores al cabo de 5 minutos, alteraciones del equilibrio al cabo de 15 minutos, y postración completa al cabo de 25 minutos. En conejos, los temblores aparecieron a los 6 minutos, las alteraciones del equilibrio a los 15 minutos y la postración completa a los 30 minutos. No se observaron cambios tóxicos en los tejidos de los conejos después de una exposición durante 50 períodos de 6 h a concentraciones de 1,46 mg/l (434 ppm). La concentración de 300 ppm de ciclohexano pudo detectarse por su olor y produjo una cierta irritación de los ojos y las mucosas. Los vapores de ciclohexano causan un leve y corto efecto anestésico, pero más potente que el del hexano.

Los experimentos con animales han demostrado que el ciclohexano es mucho menos nocivo que el benceno, su análogo cíclico aromático de seis miembros y, en concreto, no ataca el sistema hematopoyético como lo hace el benceno. Se cree que la ausencia virtual de efectos nocivos en los tejidos hematopoyéticos se debe, al menos en parte, a diferencias en el metabolismo del ciclohexano y el benceno. Se han identificado dos metabolitos del ciclohexano, ciclohexano y ciclohexanol; el primero de ellos se oxida parcialmente a ácido adípico. Ninguno de los derivados fenólicos característicos de la toxicidad de benceno se han encontrado como metabolitos en animales expuestos a ciclohexano, lo que ha llevado a proponer la sustitución de benceno por ciclohexano como disolvente.

El *metilciclohexano* tiene efectos tóxicos similares, pero menos intensos, que el ciclohexano. La exposición reiterada de conejos a 1.160 ppm durante 10 semanas no produjo efectos, y solamente se observaron lesiones leves hepáticas y renales con 3.330 ppm. La exposición prolongada a 370 ppm resultó ser inofensiva para los monos. No se han notificado efectos tóxicos por exposición industrial a metilciclohexano ni intoxicación causada por este compuesto en seres humanos.

Estudios realizados con animales demuestran que la mayor parte de esta sustancia que penetra en el torrente circulatorio se conjuga con ácidos sulfúrico y glucurónico y se excreta en la orina como sulfatos o glucuronidos, sobre todo glucuronido de *trans*-4-metilciclohexanol.

TABLAS DE HIDROCARBUROS SATURADOS Y ALICICLICOS

Tabla 104.89 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
BUTANO	<i>n</i> -Butano; dietilo; metiletilmetano UN1011	106-97-8	
CICLOHEXANO	Hexahidrobenceno; hexametileno; hexanafteno UN1145	110-82-7	
CICLOPENTANO	Pentametileno UN1146	287-92-3	
CICLOPROPANO	Trimetileno UN1027	75-19-4	
DECANO	UN2247	124-18-5	
2,2-DIMETILBUTANO		75-83-2	
2,3-DIMETILBUTANO	2,3-Dimetilbutano UN2457	79-29-8	
2,2-DIMETILPROPANO	Neopentano UN2044	463-82-1	
ETANO	Bimetilo; dimetilo; hidruro de etilo; metilmetano UN1035 UN1961	74-84-0	
HEPTANO	Dipropil metano; <i>n</i> -heptano; hidruro de heptilo UN1206	142-82-5	
HEXANO	<i>n</i> -Hexano; hidruro de hexilo UN1208	110-54-3	
ISOBUTANO	2-Metilo-propano UN1969	75-28-5	
ISOHEXANO		107-83-5	

Tabla 104.89 • Identificación química.

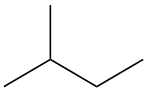

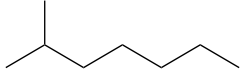

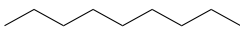
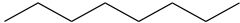
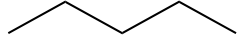
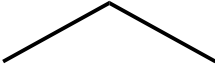
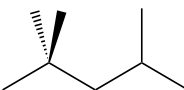
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
2-METILBUTANO	Etildimetilmetano; isoamilhidruro; isopentano UN1265	78-78-4	
METILCICLOHEXANO	Ciclohexilmetano; hexahidrotolueno; tolueno hexahidro UN2296	108-87-2	
2-METILHEPTANO		592-27-8	
3-METILPENTANO		96-14-0	
NONANO	<i>n</i> -Nonano	111-84-2	
OCTANO	<i>n</i> -Octano UN1262	111-65-9	
PENTANO	UN1265	109-66-0	
PROPANO	Dimetilmetano; hidruro de propilo UN1978	74-98-6	
2,2,4-TRIMETILPENTANO	Isobutiltrimetilmetano; isooctano	540-84-1	

Tabla 104.90 • 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
BUTANO 106-97-8			Inhalación Piel Ojos	Sopor En contacto con el líquido: congelación En contacto con el líquido: congelación	SNC inh; con (liq)	Sop, narco, asfix; liq; congelación
CICLOHEXANO 110-82-7	ojos; piel; tract resp superior; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos	Mareo, cefalea, náuseas Enrojecimiento Enrojecimiento	Ojos; sis resp; piel; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; sop; derm; narco, coma

Tabla 104.90 • 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
CICLOPENTANO 287-92-3	ojos; piel; tract resp superior; pulmones; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, cefalea, náuseas, inconsciencia, debilidad Enrojecimiento Dolor abdominal, diarrea, mareo, náuseas, dolor de garganta	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; atur, vért, euf, desco, náu, vómit, estupor; piel seca y agrietada
DECANO 124-18-5	pulmones	piel; riñones; sangre	Inhalación Piel Ojos	Confusión, sopor Piel seca, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor		
ETANO 74-84-0	piel		Inhalación Piel Ojos	Asfixiante simple En contacto con el líquido: congelación En contacto con el líquido: congelación		
HEPTANO 142-82-5	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Embotamiento, cefalea Piel seca, sensación de quemazón Enrojecimiento, dolor, Espasmos abdominales, náuseas, vómitos	Piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Atur, desv, estupor, vért, desco; pérdida de apetito, náu; derm; neu química (aspir liq); incon
HEXANO 110-54-3	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC; hígado	piel; SNP; genes	Inhalación Piel Ojos	Mareo, sopor, embotamiento, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, inconsciencia, debilidad Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor	Piel; ojos; sis resp; SNC; SNP Inh; ing; con	Irrit ojos, nariz; atur; náu, cef; neur peri: ent extremidades, deb musc; derm; desv; neu química (aspir liq)
2-METILBUTANO 78-78-4	ojos; piel; tract resp; pulmones; corazón	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, mareo, sopor, cefalea, disnea, dolor de garganta, latido irregular Sequedad de piel, desengrasa la piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, náuseas, vómitos		
METILCICLOHEXANO 108-87-2	pulmones; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor Enrojecimiento Enrojecimiento Náuseas	Sis resp; piel; ojos; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; atur, sop; en animales: narco
2-METILHEPTANO 592-27-8	piel		Piel	Enrojecimiento		
OCTANO 111-65-9	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Confusión, mareo, sopor, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, inconsciencia Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Vómitos	Piel; ojos; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, nariz; sop; derm; neu química (aspir liq); en animales: narco
PENTANO 109-66-0	pulmones; SNC		Inhalación Piel	Mareo, sopor, cefalea, náuseas, inconsciencia, vómitos Sequedad de piel	Piel; ojos; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz; derm; neu química (aspir liq); sop; en animales: narco
PROPANO 74-98-6	piel		Inhalación Piel Ojos	Asfixiante simple. En contacto con el líquido: congelación En contacto con el líquido: congelación	SNC Inh; con (liq)	Mar, conf, excitación, asfix; liq: congelación
2,2,4-TRIMETILPENTANO 540-84-1	ojos; piel; tract resp; riñones; hígado	piel; riñones; hígado	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Confusión, mareo, cefalea, náuseas, vómitos Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento Vómitos		

Tabla 104.91 Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
BUTANO 106-97-8	<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 	<ul style="list-style-type: none"> En su combustión libera gases tóxicos; COx 	2.1
CICLOHEXANO 110-82-7	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia • Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 		3
CICLOPENTANO 287-92-3	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia • Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 		3
CICLOPROPANO 75-19-4			2.1
DECANO 124-18-5		<ul style="list-style-type: none"> Reacciona con materiales oxidantes 	3
2,3-DIMETILBUTANO 79-29-8			3
ETANO 74-84-0	<ul style="list-style-type: none"> El gas se mezcla bien con el aire; se forman fácilmente mezclas explosivas 	<ul style="list-style-type: none"> En su combustión libera gases tóxicos 	2.1
HEPTANO 142-82-5	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia • Si está seco, puede cargarse electrostáticamente por agitación, transporte neumático, vertido, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Reacciona violentamente con oxidantes fuertes Ataca muchos plásticos 	3
HEXANO 110-54-3	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Reacciona con oxidantes fuertes con peligro de incendio y explosión 	3
ISOBUTANO 75-28-5			2.1
2-METILBUTANO 78-78-4	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia • Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Puede explotar al calentarse • En su combustión libera humo acre y vapores irritantes Reacciona violentamente con oxidantes 	3
METILCICLOHEXANO 108-87-2	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia • Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Reacciona violentamente con oxidantes fuertes con peligro de incendio y explosión 	3
2-METILHEPTANO 592-27-8	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Al calentarse se forman vapores tóxicos • Reacciona con oxidantes 	
3-METILPENTANO 96-14-0			3
NONANO 111-84-2			3

Tabla 104.91 Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
OCTANO 111-65-9	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Reacciona con oxidantes fuertes con peligro de incendio y explosión Ataca algunas formas de plásticos, cauchos y revestimientos 	3
PENTANO 109-66-0	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> En su combustión libera gases tóxicos de óxidos de carbono Reacciona con oxidantes fuertes (p. ej., peróxidos, nitratos y percloratos), con peligro de incendio y explosión Ataca algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos 	3
PROPANO 74-98-6	<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 	<ul style="list-style-type: none"> En su combustión libera vapores tóxicos 	2.1
2,2,4-TRIMETILPENTANO 540-84-1	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Al calentarse puede arder violentamente o producir una explosión Reacciona con oxidantes fuertes 	3

Tabla 104.92 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 de vapor relativa (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Límit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
BUTANO 106-97-8	gas incoloro	-0,5	-138	58,12	sol	0,5788	2,07 @ 0 °C	213,7 @ 21,1 °C	1,6 li 8,4 ls	gas infla- mable	287
CICLOHEXANO 110-82-7	líquido móvil incoloro	80,7	6,5	84,2	insol	0,778	2,98	12,7	1,3 li 8,4 ls	-18 cc	260
CICLOPENTANO 287-92-3	líquido incoloro	49	-94	70,2	insol	0,7457	2,42	45	1,1li 8,7 ls	-37 cc	361
CICLOPROPANO 75-19-4	gas incoloro	-33	-127,6	42,08	sol	1,879 g/l @ 0 °C	1,88		2,4 li 10,3 ls		497
DECANO 124-18-5	líquido incoloro	174,1	-29,7	142,3	insol	0,7300	4,90	0,17 @ 25 °C	0,8 li 5,4 ls	46 cc	210
2,2-DIMETILBUTANO 75-83-2	líquido incoloro	49,7	-99,9	86,2	insol	0,6485	3,0	400 mm Hg @ 31,0 °C	1,2 li 7,0 ls	-48 cc	405
2,3-DIMETILBUTANO 79-29-8	líquido incoloro	58,0	-128,53	86,2	insol	0,6616	3,0	400 mm Hg @ 39,0 °C	1,2 li 7,0 ls	-29 cc	405
2,2-DIMETILPROPANO 463-82-1	líquido o gas	9,5	-16,6	72,15	insol	0,613	2,5	1100 mm Hg @ 21 °C	1,4 li 7,5 ls	< -7	450
ETANO 74-84-0	gas incoloro	-89	-183	30,1	60,2 ppm @ 25 °C	0,446 @ 0 °C/4 °C	1,04	3850	3,0 li 12,5 ls	gas infla- mable	472
HEPTANO 142-82-5	líquido	98	-90	100,2	insol	0,68	3,46	4,8	1,1 li 6,7 ls	-1	215

Tabla 104.92 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 de vapor relativa (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Límit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
HEXANO 110-54-3	líquido incoloro	69	-95	86,2	insol	0,66	2,97	16	1,1 li 7,5 ls	-22 cc	240
ISOBUTANO 75-28-5	gas incoloro	-11,63	-138,3	58,12	lig sol	0,5572	2,0		1,8 li 8,4 ls		
ISOHEXANO 107-83-5	líquido incoloro	60	-153,7	86,2	insol	0,6532	3,00	400 mm Hg @ 1,6 °C	1,2 li 7,0 ls	< -7 cc	306
2-METILBUTANO 78-78-4	líquido incoloro	28	-159,9	72,15	insol	0,6201	2,48	79	1,4 li 7,6 ls	< -51 cc	420
METILCICLOHEXANO 108-87-2	líquido incoloro	100,9	-126,6	98,2	insol	0,7694	3,39	5,76 @ 25 °C	1,2 li 6,7 ls	-6 ca	258
2-METILHEPTANO 592-27-8	líquido	116	-109	114,2	insol	0,6980	3,9	5,3 @ 38 °C	1,0 li ? ls	44	
3-METILPENTANO 96-14-0	líquido incoloro	63,2	-163	86,2	insol	0,6645	3,0		1,2 li 7,0 ls		
NONANO 111-84-2	líquido incoloro	150,8	-51	128,3	insol	0,7176	4,41	4,45 mm Hg @ 25 °C	0,8 li 2,9 ls		
OCTANO 111-65-9	líquido incoloro	125,6	-56,8	114,22	insol	0,7028	3,86	1,47	1,0 li 6,5 ls	13 cc	220
PENTANO 109-66-0	líquido incoloro	36,0	-130	72,15	lig sol	0,6262	2,49	56,8	1,5 li 7,8 ls	-49 cc	309
PROPANO 74-98-6	gas incoloro	-42,1	-189,7	44,09	sol	0,5853 @ -45 °C/4 °C	1,56 @ 0 °C	760 mm Hg @ 25 °C	2,1 li 9,5 ls	gas infla- mable	450
2,2,4-TRIMETILPENTANO 540-84-1	líquido móvil; líquido incoloro	99,2	-107	114,22	insol	0,6919	3,93	5,1	1,1 li 6,0 ls	45 ca	417

PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS ALIFATICOS Y HALOGENADOS

HIDROCARBUROS, ALIFATICOS Y HALOGENADOS

Los hidrocarburos alifáticos halogenados son productos químicos orgánicos en los que uno o más átomos de hidrógeno han sido sustituidos por un halógeno (es decir, se han fluorado, clorado, bromado o yodado). Los productos químicos alifáticos no contienen un anillo de benceno.

Los hidrocarburos alifáticos clorados se obtienen mediante la cloración de hidrocarburos, la adición de cloro o cloruro de hidrógeno a compuestos insaturados, la reacción entre cloruro de hidrógeno o hipoclorito de calcio y alcoholes, aldehídos o cetonas y, excepcionalmente, la cloración de disulfuro de carbono o algún otro proceso. En algunos casos se necesitan más etapas (p. ej., cloración con subsiguiente eliminación de cloruro de hidrógeno) para obtener el derivado deseado y, generalmente, se obtiene una mezcla de la que habrá de separarse la sustancia deseada. Los hidrocarburos alifáticos bromados se obtienen de forma similar, mientras que para la producción de los hidrocarburos yodados y, sobre todo, de los fluorados, se suelen utilizar otros métodos, como la producción electrolítica de yodoformo.

Puesto que el punto de ebullición de las sustancias es, en general, mayor cuanto mayor sea su masa molecular y, a su vez, aumenta por halogenación, sólo los hidrocarburos alifáticos halogenados con un grado de fluoración no muy alto (hasta el decafluorobutano inclusive), el clorometano, el diclorometano, el cloroetano, el cloroetileno y el bromometano, son gaseosos a temperatura ambiente. La mayoría de los demás compuestos de este grupo son líquidos. Los compuestos clorados más pesados, así como el tetrabromometano y el triyodometano, son sólidos. El olor de los hidrocarburos suele aumentar con la halogenación y algunos miembros volátiles del grupo no sólo tienen un olor desagradable, sino además un marcado sabor dulzón (p. ej. el cloroformo y los derivados del etano y del propano con un alto grado de halogenación).

Usos

Los hidrocarburos alifáticos y alicíclicos halogenados insaturados se utilizan en la industria como disolventes, productos químicos intermedios, fumigadores e insecticidas. Se encuentran en las industrias de productos químicos, pinturas y barnices, textiles, caucho, plásticos, colorantes, productos farmacéuticos y limpieza en seco.

Las aplicaciones industriales de los hidrocarburos alifáticos y alicíclicos halogenados saturados son numerosas, pero las más importantes son su uso como disolventes, productos químicos intermedios, compuestos para extinción de incendios y productos limpiametales. Estos compuestos se encuentran en las industrias del caucho, plásticos, metalistería, pinturas, barnices, asistencia sanitaria y textiles. Algunos son componentes de insecticidas y fumigadores de tierras y otros son agentes vulcanizadores del caucho.

El *1,2,3-tricloropropano* y el *1,1-dicloroetano* son disolventes e ingredientes de productos decapantes de pinturas y barnices, mientras que el *bromuro de metilo* es un disolvente de colorantes anilínicos. El *bromuro de metilo* también se utiliza en el desengrasado de la lana, la esterilización de alimentos para el control de plagas y la extracción de aceites de flores. El *cloruro de metilo* es un disolvente y diluyente del caucho butílico, un componente de los líquidos para equipos termométricos y termostáticos y un agente espumante para plásticos. El *1,1,1-tricloroetano* se utiliza

principalmente para la limpieza de metales en frío y como refrigerante y lubricante para cuchillas. Es un agente limpiador de instrumentos mecánicos de precisión, un disolvente de colorantes y un componente de líquidos quitamanchas en la industria textil; en la industria de los plásticos, el *1,1,1-tricloroetano* se utiliza para la limpieza de los moldes de plástico. El *1,1-dicloroetano* es un disolvente, limpiador y desengrasante utilizado en adhesivos de caucho, pulverizadores de insecticidas, extintores de incendios y gasolinas, así como en el caucho de alto vacío, en la flotación de minerales, en los plásticos y en el ensanchado de tejidos en la industria textil. La termodesintegración del *1,1-dicloroetano* produce cloruro de vinilo. El *1,1,2,2-tetracloroetano* tiene diversas funciones como disolvente no inflamable en las industrias del caucho, pinturas y barnices, metales y pieles. También es un agente antipolilla para tejidos y se utiliza en películas fotográficas, en la fabricación de seda y perlas artificiales y para estimar el agua que contiene el tabaco.

El *dicloruro de etileno* tiene usos limitados como disolvente y como producto químico intermedio. Se encuentra en decapantes de pinturas, barnices y lustres y se utiliza como aditivo en la gasolina para reducir el contenido de plomo. El *diclorometano* o *cloruro de metileno* se utiliza principalmente como disolvente en formulaciones industriales y decapantes de pinturas, y en ciertos aerosoles, entre ellos pesticidas y productos cosméticos. Sirve como disolvente de proceso en las industrias farmacéutica, de los plásticos y alimentaria. El cloruro de metileno también se emplea como disolvente de adhesivos y en análisis de laboratorio. La principal aplicación del *1,2-dibromoetano* es en la formulación de agentes antidetonantes a base de plomo que se mezclan con la gasolina. También se utiliza en la síntesis de otros productos y como componente de líquidos que tengan índice de refracción.

El cloroformo sirve como producto químico intermedio, producto de limpieza en seco y disolvente del caucho. El *hexacloroetano* es un agente desgasificador para metales como aluminio y magnesio. Se utiliza para eliminar impurezas de metales fundidos y para inhibir la explosividad del metano y la combustión del perclorato amónico. Se emplea en pirotecnia, en explosivos y en aplicaciones militares.

El *bromoformo* es un disolvente, retardador de llama y agente de flotación. Se utiliza en la separación de minerales, en la vulcanización del caucho y en la síntesis de productos químicos. El *tetracloruro de carbono* se utilizaba antiguamente como disolvente desengrasante y en líquidos de limpieza en seco, productos anti-manchas para tejidos y agentes extintores de incendios, pero su toxicidad ha obligado a abandonar su uso en productos de consumo y de fumigación. Puesto que en gran parte se utiliza para la fabricación de clorofluorocarburos, que a su vez se están retirando de la gran mayoría de las aplicaciones comerciales, el uso del tetracloruro de carbono seguirá disminuyendo en el futuro. Actualmente se utiliza en la fabricación de semiconductores, en cables, en la recuperación de metales, como catalizador, como agente de secado azeotrópico para bujías húmedas, como fragancia para jabones y en la extracción de aceites de flores.

Aunque sustituido por el tetracloroetileno en la mayoría de sus aplicaciones, el *tricloroetileno* actúa como agente desengrasante, disolvente y diluyente de pinturas. Sirve como agente para eliminar hilos de hilvanar en la industria textil, como anestésico en odontología y como agente humectante para la tinción de poliéster. El tricloroetileno también se utiliza en el desengrasado al vapor de piezas metálicas. Se ha empleado en líquidos correctores para mecanografía y como disolvente para la extracción de cafeína. El tricloroetileno, el *3-cloro-2-metil-1-propeno* y el *bromuro de*

alilo se encuentran en productos fumigadores e insecticidas. El *2-cloro-1,3-butadieno* se emplea como producto químico intermedio en la fabricación de caucho artificial. El *hexacloro-1,3-butadieno* se utiliza como disolvente, como intermedio en la producción de lubricantes y caucho y como pesticida para fumigación.

El *cloruro de vinilo* se utiliza principalmente en la industria de los plásticos y en la síntesis de cloruro de polivinilo (PVC). Antiguamente se utilizaba mucho como refrigerante, disolvente de extracción y propelente de aerosoles. Es un componente de las baldosas de vinilo-amianto. Otros hidrocarburos insaturados se utilizan principalmente como disolventes, retardadores de llama, líquidos de intercambio calorífico y productos de limpieza en muy diversas industrias. El *tetracloroetileno* se utiliza en síntesis químicas y en el acabado, apresto y descolado de telas. También se emplea en la limpieza en seco y en los líquidos aislantes y los gases refrigerantes de los transformadores. El *cis-1,2-dicloroetileno* es un disolvente para perfumes, tintes, lacas de barnizar, termoplásticos y caucho. El *bromuro de vinilo* es un retardador de llama para materiales de refuerzo de alfombras, ropa de cama y artículos para el hogar. El *cloruro de alilo* se utiliza en resinas termoestables para barnices y plásticos y como producto químico intermedio. El *1,1-dicloroetileno* se utiliza en el envasado de alimentos y el *1,2-dicloroetileno* es un agente de extracción a bajas temperaturas de sustancias termosensibles, como los aceites esenciales y la cafeína del café.

Riesgos

La producción y el uso de hidrocarburos alifáticos halogenados crean serios problemas para la salud. Sus efectos tóxicos locales y sistémicos son numerosos, siendo los más graves su carcinogenicidad y mutagenicidad, sus efectos en el sistema nervioso y las lesiones que producen en órganos vitales, especialmente el hígado. A pesar de la relativa simplicidad química del grupo, sus efectos tóxicos son muy variables y no es fácil establecer una relación entre la estructura y el efecto producido.

Cáncer. Desde hace mucho tiempo existen evidencias experimentales de la carcinogenicidad de algunos hidrocarburos alifáticos halogenados (p. ej., cloroformo y tetracloruro de carbono). El apéndice del Capítulo *Toxicología* de la presente Enciclopedia contiene las clasificaciones de carcinogenicidad de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). Algunos hidrocarburos alifáticos halogenados presentan además propiedades mutágenas y teratógenas.

La *depresión del sistema nervioso central (SNC)* es el efecto agudo más destacado de muchos hidrocarburos alifáticos halogenados. La reacción típica es un estado de embriaguez y excitación, seguido por narcosis, razón por la cual muchos de los productos químicos de este grupo se han utilizado como anestésicos e incluso como drogas. Su efecto narcótico es variable: algunos producen efectos narcóticos muy acusados y otros muy débiles. En exposiciones agudas graves siempre existe peligro de muerte por insuficiencia respiratoria o parada cardíaca, ya que los hidrocarburos alifáticos halogenados aumentan la susceptibilidad cardíaca a las catecolaminas.

Los *efectos neurológicos* de algunos compuestos, como el cloruro de metilo y el bromuro de metilo, así como otros compuestos bromados o yodados de este grupo, son mucho más intensos, especialmente cuando la exposición es repetida o crónica. Sus efectos en el sistema nervioso central no pueden describirse como una simple depresión del sistema nervioso, ya que los síntomas pueden ser extremos y consistir en cefalea, náuseas, ataxia, temblores, dislalia, alteraciones visuales, convulsiones, parálisis, delirio, manías o apatía. Estos efectos pueden ser duraderos y de recuperación muy lenta y pueden producirse lesiones neurológicas permanentes. Los efectos asociados a los diferentes productos químicos reciben nombres tales como "encefalopatía

por cloruro de metilo" o "encefalomielitis por cloropreno". Los nervios periféricos también pueden resultar afectados, como ocurre en la polineuritis por tetracloroetano o dicloroacetileno.

Efectos sistémicos. Prácticamente todos los hidrocarburos alifáticos halogenados son nocivos para el hígado, los riñones y otros órganos, si bien el alcance de las lesiones varía notablemente de uno a otro miembro del grupo. Puesto que las lesiones no se manifiestan inmediatamente, algunas veces se ha considerado que son sustancias de efectos retardados. El curso de la intoxicación aguda suele describirse como bifásico: en la primera fase se aprecian signos de un efecto reversible razonable (narcosis), y en la segunda fase se presentan signos de lesiones orgánicas. Otros efectos, como el cáncer, pueden tener períodos de latencia extremadamente largos. Sin embargo, no siempre es posible establecer una clara distinción entre los efectos tóxicos de una exposición crónica o repetida y los efectos retardados de la intoxicación aguda. No existe una relación sencilla entre la intensidad de los efectos inmediatos y retardados de algunos hidrocarburos alifáticos halogenados. Algunas sustancias de este grupo ejercen un efecto narcótico muy marcado y efectos retardados débiles, mientras que otras son muy peligrosas porque provocan lesiones irreversibles en los órganos sin que muestren efectos inmediatos intensos. Casi nunca se ve afectado un solo órgano o sistema. En particular, las lesiones rara vez se producen únicamente en el hígado o los riñones, ni siquiera en el caso de los compuestos considerados típicamente hepatotóxicos (p. ej., tetracloruro de carbono) o nefrotóxicos (p. ej., bromuro de metilo).

Las *propiedades como irritantes locales* de estas sustancias son especialmente acusadas en el caso de algunos de los miembros insaturados. No obstante, existen diferencias sorprendentes entre compuestos muy similares (p. ej., el octafluorobuteno es muchísimo más irritante que el isómero octafluoro-2-buteno). En el caso de otros compuestos de este grupo, el riesgo principal de la exposición aguda por inhalación es el de irritación pulmonar (p. ej., cloruro de alilo) y algunos de ellos son lacrimógenos (p. ej., tetrabromuro de carbono). Las altas concentraciones de vapores o las salpicaduras de líquidos pueden ser peligrosas para los ojos en determinados casos. No obstante, las lesiones que producen la mayor parte de los hidrocarburos alifáticos halogenados más utilizados remiten espontáneamente y sólo la exposición prolongada de la córnea provoca lesiones permanentes. Algunas de estas sustancias, como el 1,2-dibromometano y el 1,3-dicloropropano, son irritantes y lesivas para la piel, provocando enrojecimiento, vesiculación y necrosis incluso aunque el contacto haya sido muy breve.

Como buenos disolventes que son, todos estos productos químicos dañan la piel y la desengrasan, tornándola reseca, vulnerable y agrietada, especialmente cuando se producen contactos repetidos.

Riesgos de compuestos específicos

El *tetracloruro de carbono* es un producto químico extremadamente peligroso que ha causado la muerte por intoxicación de trabajadores sometidos a exposiciones agudas al mismo. La IARC lo ha clasificado en el Grupo 2B como posible carcinógeno humano y muchas autoridades, como la British Health and Safety Executive, han exigido que se abandone progresivamente su uso en la industria. Puesto que una gran parte del tetracloruro de carbono se utilizaba en la producción de cloro fluorocarburos, la práctica eliminación de estos productos químicos ha hecho también que disminuya el uso de este disolvente en la industria.

La mayoría de las intoxicaciones por tetracloruro de carbono se han producido por inhalación de sus vapores. No obstante, esta sustancia se absorbe fácilmente por vía digestiva. Al ser un buen disolvente de grasas, el contacto del tetracloruro de carbono con la piel la desengrasa, lo que puede dar lugar a la aparición de

una dermatitis séptica secundaria. Como se absorbe por vía percutánea, deben tomarse precauciones para evitar el contacto prolongado y repetido de esta sustancia con la piel. El contacto con los ojos puede causar irritación pasajera, pero no provoca lesiones graves.

El tetracloruro de carbono exhibe propiedades anestésicas y la exposición a altas concentraciones de vapores pueden causar la rápida pérdida de consciencia. Las personas expuestas a concentraciones de vapores de tetracloruro de carbono inferiores a las anestésicas presentan con frecuencia otros efectos en el sistema nervioso, como mareo, vértigos, cefalea, depresión, confusión mental y descoordinación. A concentraciones más altas provoca arritmias cardíacas y fibrilación ventricular. Algunas personas expuestas a concentraciones de vapores sorprendentemente bajas sufren trastornos gastrointestinales, como náuseas, vómitos, dolores abdominales y diarrea.

Los efectos del tetracloruro de carbono en el hígado y los riñones merecen una atención especial cuando se evalúan los riesgos potenciales a los que están expuestas las personas que trabajan con este compuesto. Debe recordarse que el consumo del alcohol potencia sus efectos nocivos. La respuesta inicial consiste en oliguria o anuria, seguida en pocos días por diuresis. La orina recogida durante el período de diuresis tiene una baja densidad relativa y suele contener proteínas, albúmina, cilindros pigmentados y hematíes. El aclaramiento renal de insulina, diódrast y ácido *p*-aminohipúrico disminuye, lo cual indica una reducción del flujo sanguíneo a través del riñón, así como daños glomerulares y tubulares. La función renal retorna gradualmente a la normalidad y, en el plazo de entre 100 y 200 días después de la exposición, alcanza el límite inferior de normalidad. El examen histopatológico de los riñones revela diversos grados de deterioro del epitelio tubular.

Cloroformo. El cloroformo es uno de los hidrocarburos clorados volátiles más peligrosos. Es nocivo cuando penetra en el organismo por inhalación, por ingestión o por contacto con la piel y puede provocar narcosis, parálisis respiratoria, parada cardíaca o muerte tardía por lesiones hepáticas y renales. Algunas personas lo esnifan. El cloroformo líquido desengrasa la piel y produce quemaduras químicas. En la rata y el ratón tiene efectos teratógenos y cancerígenos. Cuando el cloroformo reacciona con oxidantes fuertes, se forma fosgeno.

El cloroformo es un producto químico ampliamente utilizado en productos comerciales y se forma espontáneamente por cloración de compuestos orgánicos, como en el agua potable clorada. El cloroformo atmosférico se deriva al menos en parte de la degradación fotoquímica del tricloroetileno. En presencia de luz solar, se descompone lentamente en fosgeno, cloro y cloruro de hidrógeno.

Basándose en las evidencias experimentales disponibles, la IARC ha clasificado el cloroformo en el Grupo 2B como posible carcinógeno humano. La DL_{50} por vía oral para perros y ratas es aproximadamente de 1 g/kg. Las ratas de dos semanas se mostraron dos veces más susceptibles que las ratas adultas. El ratón es más susceptible que la rata, siendo la causa de la muerte las lesiones hepáticas que se producen. En ratas, cobayas y perros expuestos durante 6 meses (7 horas al día, 5 días a la semana) a concentraciones de 25 ppm en el aire, se produjeron alteraciones histopatológicas en el hígado y los riñones. Se observó infiltración grasa, degeneración granular centrilobular con áreas de necrosis en el hígado y alteración de las actividades enzimáticas en el suero, así como inflamación del epitelio de los túbulos, proteinuria, glucosuria y disminución de la excreción de sulfafenoltaleina. En una serie de estudios se vio que el cloroformo no tiene apenas capacidad para provocar anomalías cromosómicas, por lo que se cree que su carcinogenicidad se debe a mecanismos no genotóxicos. El cloroformo también

provoca ciertas anomalías fetales en los animales de experimentación y todavía no se ha establecido una concentración sin efectos.

Las personas expuestas a vapores de cloroformo manifiestan síntomas diferentes dependiendo de la concentración y la duración de la exposición: cefalea, sopor, sensación de embriaguez, laxitud, mareo, náuseas, excitación, inconsciencia, depresión respiratoria, coma y muerte en estado de narcosis. La muerte suele producirse por parálisis respiratoria o parada cardíaca. El cloroformo sensibiliza al miocardio frente a las catecolaminas. Una concentración de 10.000-15.000 ppm de cloroformo en el aire inhalado produce anestesia y una concentración de 15.000-18.000 ppm puede ser letal. Las concentraciones hemáticas que producen narcosis varían entre 30 y 50 mg/100 ml. Los niveles de 50-70 mg/100 ml de sangre son letales. Es posible que, en los casos de exposición intensa a esta sustancia, y tras una recuperación transitoria, se produzca la muerte por fracaso de las funciones hepática y renal. Se han descrito efectos del cloroformo en el miocardio. La inhalación de concentraciones muy altas puede provocar parada cardíaca súbita (muerte por shock).

Los trabajadores expuestos a concentraciones bajas en el aire durante largos períodos de tiempo y las personas que han desarrollado una dependencia del cloroformo pueden sufrir síntomas neurológicos y gastrointestinales semejantes a los que se dan en el alcoholismo crónico. También se han observado alteraciones hepáticas, con hepatomegalia, hepatitis tóxica y degeneración grasa del hígado.

El *2-cloropropano* es un potente anestésico, pero no se ha utilizado demasiado, ya que provoca vómitos y arritmia cardíaca en las personas y lesiones hepáticas y renales en los animales de experimentación. Las salpicaduras en la piel o en los ojos pueden provocar efectos graves, pero transitorios. Esta sustancia comporta un grave riesgo de incendio.

El *diclorometano (cloruro de metileno)* es muy volátil y en las zonas mal ventiladas pueden acumularse grandes concentraciones atmosféricas capaces de provocar la pérdida de consciencia de los individuos expuestos. Sin embargo, esta sustancia tiene un olor dulzón detectable a concentraciones superiores a 300 ppm, por lo que es fácil percibir su presencia antes de que se alcancen concentraciones con efectos agudos. Aunque no se disponen de datos suficientes en el hombre, la IARC ha considerado que existen datos suficientes en animales como para clasificar al diclorometano como posible carcinógeno humano.

Se han dado casos de intoxicación mortal en trabajadores que entraron en espacios cerrados donde existían altas concentraciones de diclorometano. Uno de estos casos mortales se produjo durante la extracción de una oleoresina por medio de un proceso en el que la mayoría de las operaciones se realizaron en un sistema cerrado. Sin embargo, el trabajador se intoxicó por los vapores que escapaban por el respiradero interno de suministro del tanque y por los filtros. Se comprobó que la pérdida de diclorometano del sistema alcanzaba los 3.750 litros semanales.

El diclorometano ejerce su principal acción tóxica en el sistema nervioso central, produciendo narcosis y, a concentraciones altas, efectos anestésicos que se evidencian por una intensa fatiga, mareo, sopor e incluso inconsciencia. El margen de seguridad entre estos efectos graves y otros de menor importancia es muy pequeño. Los efectos narcóticos provocan pérdida de apetito, cefalea, mareo, irritabilidad, estupor, entumecimiento y hormigueo en las extremidades. La exposición prolongada a las concentraciones narcóticas más bajas puede producir, después de un período de latencia de varias horas, disnea, tos seca e improductiva con intenso dolor y, posiblemente, edema pulmonar. Algunos autores han observado también alteraciones hemáticas, con disminución del recuento de hematíes y del nivel de hemoglobina, así como congestión local de los vasos cerebrales y dilatación cardíaca.

Con todo, la intoxicación leve no parece producir ninguna discapacidad permanente y la toxicidad hepática potencial del diclorometano es mucho menor que la de otros hidrocarburos halogenados (en especial, el tetracloruro de carbono), si bien los resultados de los experimentos con animales son contradictorios a este respecto. El diclorometano rara vez se utiliza en estado puro, mezclándose a menudo con otros compuestos que sí ejercen un efecto hepatotóxico. Ya en 1972 se demostró que las personas expuestas a diclorometano presentan concentraciones elevadas de carboxihemoglobina (10 % una hora después de la exposición durante dos horas a 1.000 ppm de diclorometano y 3,9 % 17 horas más tarde) debido a la conversión endógena del diclorometano en monóxido de carbono. En aquella época, la exposición a concentraciones de diclorometano que no superaran una media ponderada en el tiempo (TWA) de 500 ppm podría dar lugar a un nivel de carboxihemoglobina superior al permitido para el monóxido de carbono (un 7,9 % de COHb es el nivel de saturación correspondiente a una exposición a 50 ppm de CO); y 100 ppm de diclorometano producirían el mismo nivel de COHb o la misma concentración de CO en el aire alveolar que 50 ppm de CO.

El contacto directo con esta sustancia puede provocar irritación de la piel y los ojos, pero los principales problemas industriales que ocasiona la exposición excesiva son los síntomas de embriaguez y descoordinación que produce la intoxicación por diclorometano, y los actos inseguros y los consiguientes accidentes que pueden provocar estos síntomas.

El diclorometano atraviesa la barrera placentaria y puede detectarse en los tejidos del embrión tras la exposición de la madre. También se excreta en la leche materna. En la actualidad, no se dispone de datos suficientes sobre su toxicidad reproductiva.

El *dicloruro de etileno* es inflamable y comporta un grave peligro de incendio. La IARC lo ha clasificado en el Grupo 2B como posible carcinógeno humano. El dicloruro de etileno puede absorberse por vía respiratoria, percutánea y digestiva. Se metaboliza en 2-cloroetanol y ácido monocloroacético, siendo estos dos metabolitos más tóxicos que el compuesto original. El umbral de olor de esta sustancia para el hombre, determinado en condiciones controladas de laboratorio, oscila entre 2 y 6 ppm. No obstante, la adaptación parece producirse relativamente pronto, de manera que al cabo de 1 ó 2 minutos, el olor producido por una concentración de 50 ppm apenas se detecta. El dicloruro de etileno es muy tóxico para el ser humano. Concentraciones de entre 80 y 100 ml son suficientes para provocar la muerte en un plazo de 24 ó 48 horas. La inhalación de 4.000 ppm provoca lesiones graves. A elevadas concentraciones produce irritación inmediata de los ojos, la nariz, la garganta y la piel.

Un importante uso de este producto químico es en la fabricación de cloruro de vinilo mediante un proceso en su mayor parte cerrado. No obstante, pueden producirse y se producen fugas que entrañan un riesgo para el trabajador expuesto. El mayor riesgo de exposición se produce durante el vaciado de envases que contienen dicloruro de etileno en el interior de cubetas abiertas, desde donde se utiliza posteriormente para la fumigación de cereales. También se producen exposiciones por fugas durante su fabricación, en la aplicación de pinturas, en la extracción de disolventes y en operaciones de vertido de residuos. El dicloruro de etileno se fotooxida rápidamente en el aire y no se acumula en el medio ambiente. Tampoco parece bioconcentrarse en ninguna cadena alimentaria ni acumularse en los tejidos humanos.

La clasificación del cloruro de etileno como carcinógeno del Grupo 2B se basa en el aumento significativo de la tasa de tumores observado en ratas y ratones de ambos sexos. Muchos de los tumores, como el hemangiosarcoma, son de tipos poco comunes que rara vez se encuentran en los animales de control.

El "tiempo transcurrido hasta la aparición de un tumor" en los animales tratados es menor que en los controles. Al haberse demostrado que produce enfermedades malignas progresivas de varios órganos en dos especies de animales, el dicloruro de etileno debe considerarse un posible cancerígeno humano.

Hexaclorobutadieno (HCBD). Se han dado pocos casos de enfermedades de origen profesional relacionadas con esta sustancia. Trabajadores agrícolas que fumigaban viñedos y se vieron expuestos simultáneamente a concentraciones de 0,8-30 mg/m³ de HCBD y 0,12-6,7 mg/m³ de polichlorobutano en la atmósfera presentaron hipotensión, trastornos cardíacos, bronquitis crónica, lesiones hepáticas crónicas y alteraciones funcionales del sistema nervioso. En otros trabajadores expuestos se observaron lesiones cutáneas probablemente debidas al HCBD.

El *hexacloroetano* posee un efecto narcótico. No obstante, al ser sólido y tener una presión de vapor bastante baja en condiciones normales, el riesgo de depresión del sistema nervioso central por inhalación es pequeño. Irrita la piel y las mucosas. Se ha observado irritación producida por polvo de esta sustancia y se han descrito casos de trabajadores expuestos a vapores calientes de hexacloroetano que desarrollaron blefarospasmo, fotofobia, lagrimeo y enrojecimiento de la conjuntiva, pero sin lesiones corneales ni secuelas permanentes. En animales se ha demostrado que el hexacloroetano puede provocar cambios distróficos en el hígado y en otros órganos.

La IARC ha asignado el HCBD al Grupo 3 de compuestos inclasificables en términos de carcinogenicidad.

El *cloruro de metilo* es un gas inodoro y, por consiguiente, no advierte de su presencia, razón por la cual puede producirse una exposición considerable sin que los afectados se den cuenta. También existe riesgo de susceptibilidad individual incluso con exposiciones leves. En animales se ha demostrado que el HCBD ejerce efectos muy diferentes según la especie, afectándose tanto más cuanto mayor sea el desarrollo del sistema nervioso central, lo que hace presumir que en el hombre provoque grados de susceptibilidad superiores. Un riesgo que comporta la exposición crónica a pequeñas concentraciones es la posibilidad de que la "borrachera", el mareo y la lenta recuperación de una intoxicación ligera impida que se reconozca la causa o se sospeche la existencia de fugas, lo que provocaría exposiciones prolongadas y accidentes. La mayoría de los casos mortales registrados se produjeron por derrame del líquido de los refrigerados domésticos o por defectos de las plantas de refrigeración. El clorometano comporta también un grave peligro de incendio y explosión.

La intoxicación aguda se caracteriza por un período de latencia de algunas horas entre la exposición y la aparición de los síntomas. Estos síntomas son cefalea, fatiga, náuseas, vómitos y dolor abdominal. Es posible que la persona afectada haya sufrido mareos y sopor durante algún tiempo antes de que se precipite el ataque más agudo por un accidente repentino. Se han descrito pocos casos de intoxicación crónica por exposiciones más leves, posiblemente porque los síntomas desaparecen poco tiempo después de cesar la exposición. Las molestias en los casos leves consisten en mareo, dificultad para caminar, cefalea, náuseas y vómitos. Los síntomas objetivos más frecuentes son marcha tambaleante, nistagmo, trastornos del habla, hipotensión arterial y reducción y alteración de la actividad eléctrica cerebral. Una intoxicación leve prolongada puede provocar lesiones permanentes del músculo cardíaco y del sistema nervioso central, con cambio de la personalidad, depresión, irritabilidad y, ocasionalmente, alucinaciones visuales y auditivas. El aumento del contenido de albúmina en el líquido cefalorraquídeo, con posibles lesiones piramidales y extrapiramidales, puede sugerir un diagnóstico de meningoencefalitis. En los casos de muerte, la autopsia ha demostrado la existencia de congestión pulmonar, hepática y renal.

El *tetracloroetano* es un potente narcótico y, además, es tóxico para el sistema nervioso central y para el hígado. La lenta eliminación del tetracloroetano del organismo podría explicar su toxicidad. La principal vía de absorción de los vapores de esta sustancia suele ser la vía respiratoria, si bien se han dado casos de absorción percutánea. Se ha especulado sobre la posibilidad de que la absorción percutánea produzca algunos efectos en el sistema nervioso (p. ej., temblores). También es un irritante de la piel y puede producir dermatitis.

La mayoría de las exposiciones laborales al tetracloroetano se deben a su empleo como disolvente. Entre 1915 y 1920 se produjeron una serie de casos mortales durante los procesos de fabricación de aviones y perlas artificiales, en los que se empleaba tetracloroetano. Otros casos mortales de intoxicación por tetracloroetano han estado relacionados con la fabricación de gafas de seguridad, la industria del cuero artificial, la industria del caucho y una industria bélica no especificada. Se han producido algunos casos no mortales en la fabricación de seda artificial, en el desengrasado de la lana, en la producción de penicilina y en la industria de joyería.

El tetracloroetano es un potente narcótico, dos o tres veces más potente que el cloroformo en animales. En las personas se han producido casos de muerte por ingestión de tetracloroetano. En todos estos casos, la muerte sobrevino en las 12 horas siguientes a la ingestión. También se han registrado casos no mortales con pérdida de consciencia, pero sin efectos secundarios graves. En comparación con el tetracloruro de carbono, los efectos narcóticos del tetracloroetano son mucho más graves, pero los efectos nefrotóxicos son menos acusados. La intoxicación crónica por tetracloroetano puede adoptar dos formas: efectos en el sistema nervioso central, como temblores, vértigo y dolor de cabeza; y síntomas hepatodigestivos como náuseas, vómitos, dolores gástricos, ictericia y aumento del tamaño del hígado.

El *1,1,1-tricloroetano* se absorbe rápidamente por vía respiratoria y digestiva. Puede absorberse también por vía percutánea, pero esto raramente tiene importancia sistémica, a menos que la sustancia se localice en la superficie cutánea bajo una barrera impermeable. La primera manifestación clínica de sobreexposición es una depresión funcional del sistema nervioso central, que comienza con mareos, descoordinación y prueba de Romberg positiva (el individuo tiene que mantenerse en equilibrio sobre un pie, con los ojos cerrados y los brazos en cruz), que progresa a anestesia y parada del centro respiratorio. La depresión del SNC es proporcional a la magnitud de la exposición y típica de un agente anestésico, de ahí el peligro de sensibilización cardíaca a la epinefrina con aparición de arritmia. Tras una intensa sobreexposición, se han observado alteraciones transitorias en el hígado y los riñones y en las autopsias se han detectado lesiones pulmonares. La salpicadura de varias gotas directamente sobre la córnea puede provocar una conjuntivitis leve, que remite por sí sola en pocos días. El contacto prolongado o repetido con la piel produce eritema transitorio y una ligera irritación, debido a la acción desgrasante del disolvente.

Tras la absorción de 1,1,1-tricloroetano, un pequeño porcentaje se metaboliza en dióxido de carbono, mientras que el resto aparece en la orina como glucurónido de 2,2,2-tricloroetanol.

Exposición aguda. Las personas expuestas a 900-1.000 ppm experimentaron irritación ocular leve y transitoria y una alteración inmediata, aunque mínima, de la coordinación. Las exposiciones de esta magnitud también pueden provocar cefalea y laxitud. Ocasionalmente se han observado alteraciones del equilibrio en individuos "susceptibles" expuestos a concentraciones de 300-500 ppm. Una de las pruebas clínicas más sensibles de intoxicación ligera durante la exposición es la incapacidad de realizar normalmente una prueba de Romberg modificada. Por encima de 1.700 ppm ya se evidencian claras alteraciones del equilibrio.

La mayoría de los pocos casos mortales documentados en la bibliografía se produjeron por exposición a concentraciones anestésicas del disolvente, por depresión del centro respiratorio o por arritmia resultante de la sensibilización cardíaca a la epinefrina.

La IARC considera que el 1,1,1-tricloroetano es inclasificable (Grupo 3) en términos de carcinogenicidad.

El isómero *1,1,2-tricloroetano* se utiliza como producto químico intermedio y como disolvente. La principal respuesta farmacológica a este compuesto es la depresión del SNC. Su toxicidad aguda parece ser menor que la del isómero 1,1,2-. Aunque la IARC lo considera una sustancia inclasificable en términos de carcinogenicidad (Grupo 3), algunos organismos públicos lo tratan como posible carcinógeno humano (p. ej., el National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) de Estados Unidos).

Tricloroetileno. En condiciones normales de uso, el tricloroetileno no es inflamable ni explosivo, pero puede descomponerse a altas temperaturas dando ácido clorhídrico, fosgeno (en presencia de oxígeno atmosférico) y otros compuestos. Estas condiciones (temperaturas superiores a 300 °C) pueden darse en los metales calentados, en la soldadura al arco y en las llamas desnudas. En presencia de álcalis fuertes (p. ej., hidróxido sódico), puede formarse dicloroacetileno, un compuesto tóxico, explosivo e inflamable.

El tricloroetileno tiene principalmente un efecto narcótico. La exposición a altas concentraciones de vapores (superiores a 1.500 mg/m³) produce un cuadro de excitación o euforia que irá seguido de mareo, confusión, sopor, náuseas, vómitos y, posiblemente, pérdida de consciencia. Cuando se produce la ingestión accidental de tricloroetileno, estos síntomas van precedidos por una sensación de quemazón en la garganta y el esófago. En caso de intoxicación por inhalación, la mayoría de las manifestaciones desaparecen cuando se respira aire no contaminado y se elimina el disolvente y sus metabolitos. No obstante, se han producido algunas muertes como consecuencia de accidentes de trabajo. El contacto prolongado de pacientes inconscientes con tricloroetileno líquido puede provocar vesiculación de la superficie cutánea. Otras posibles complicaciones de la intoxicación por tricloroetileno son neumonitis química y lesiones hepáticas y renales. Las salpicaduras de tricloroetileno en los ojos producen irritación (ardor, lagrimeo y otros síntomas).

Tras el contacto repetido con tricloroetileno líquido, puede producirse dermatitis grave (sequedad, enrojecimiento, aspereza y cuarteamiento de la piel), seguida de infección secundaria y sensibilización.

La IARC ha clasificado el tricloroetileno en el Grupo 2A como probable carcinógeno humano. Además, el sistema nervioso central es el principal órgano afectado por la toxicidad crónica. Conviene distinguir dos tipos de efectos: (a) el efecto narcótico del tricloroetileno y su metabolito tricloroetanol mientras se encuentran en el organismo; y (b) las secuelas a largo plazo como consecuencia de sobreexposiciones repetidas. Estas secuelas pueden durar varias semanas o incluso meses después de finalizar la exposición al tricloroetileno. Los principales síntomas son laxitud, mareo, irritabilidad, cefalea, trastornos digestivos, intolerancia al alcohol (embriaguez tras consumir pequeñas cantidades de alcohol, enrojecimiento de la superficie de la piel por vasodilatación síntoma conocido como "rubicundez de los desengrasadores") y confusión mental. Estos síntomas pueden ir acompañados de signos neurológicos de carácter menor (principalmente del cerebro y del sistema nervioso autónomo, rara vez de los nervios periféricos) y deterioro psicológico. En algunos casos se observan irregularidades del ritmo cardíaco y ligera afectación hepática. El efecto eufórico que produce la inhalación de tricloroetileno puede provocar deseo de consumo, habituación y esnifado.

Compuestos alílicos

Los compuestos alílicos son análogos insaturados de los compuestos propílicos correspondientes y se representan con la fórmula general $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{X}$, donde X suele ser un halógeno, un hidroxilo o un radical ácido orgánico. Al igual que en el caso de los compuestos vinílicos estrechamente emparentados, las propiedades reactivas del doble enlace han demostrado su utilidad para síntesis químicas y polimerizaciones.

Este doble enlace de los compuestos alílicos se asocia también a ciertos efectos fisiológicos importantes para la higiene industrial. Se ha observado que los ésteres alifáticos insaturados presentan propiedades irritantes y lacrimógenas de las que carecen (al menos en la misma medida) los ésteres saturados correspondientes, y la DL_{50} aguda por diversas vías tiende a ser menor en el caso del éster insaturado que en el del compuesto saturado. En estos aspectos se observan diferencias notables entre el acetato de alilo y el acetato de propilo. Sin embargo, las propiedades irritantes no se limitan a los ésteres alílicos, encontrándose en diferentes clases de compuestos alílicos.

El *cloruro de alilo (cloropreno)* tiene propiedades inflamables y tóxicas. Aunque produce un efecto narcótico débil, es muy tóxico. Provoca una intensa irritación de los ojos y de las vías respiratorias superiores. Tanto la exposición aguda como la crónica pueden ocasionar lesiones pulmonares, hepáticas y renales. La exposición crónica también se ha asociado a una disminución de la presión sistólica y de la tonicidad de los vasos cerebrales. En contacto con la piel provoca irritación leve, pero su absorción por vía percutánea causa un dolor muy localizado en la zona de contacto y puede ocasionar lesiones sistémicas.

Los estudios con animales han obtenido resultados contradictorios con respecto a la carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad reproductiva de esta sustancia. La IARC ha asignado el cloruro de alilo al Grupo 3 como inclasificable.

Compuestos clorados de vinilo y vinilideno

Los vinilos son productos químicos intermedios y se utilizan principalmente como monómeros en la fabricación de plásticos. Muchos de ellos se obtienen mediante la adición del compuesto apropiado al acetileno. Como ejemplos de monómeros de vinilo pueden citarse el bromuro de vinilo, el cloruro de vinilo, el fluoruro de vinilo, el acetato de vinilo, los éteres vinílicos y los ésteres vinílicos. Los polímeros son productos de alto peso molecular obtenidos mediante polimerización, un proceso que puede definirse como la combinación de monómeros iguales para producir otro compuesto que contiene los mismos elementos en las mismas proporciones, pero con un peso molecular superior y diferentes características físicas.

Cloruro de vinilo. El cloruro de vinilo (CV) es inflamable y forma una mezcla explosiva con el aire en proporciones de entre un 4 y un 22 % en volumen. Al arder, se descompone en ácido clorhídrico gaseoso, monóxido de carbono y dióxido de carbono. Penetra fácilmente en el organismo humano a través del sistema respiratorio, desde donde pasa a la circulación sanguínea y de ahí a los distintos órganos y tejidos. También se absorbe a través del sistema digestivo como contaminante de alimentos y bebidas, y por vía percutánea. Sin embargo, estas dos vías de entrada carecen de interés desde el punto de vista de las intoxicaciones de origen profesional.

El CV absorbido se transforma y excreta por diversas vías, dependiendo de la cantidad acumulada. Cuando está presente en altas concentraciones, hasta un 90 % del producto puede eliminarse sin sufrir cambios a través del aire exhalado, junto con pequeñas cantidades de CO_2 . El resto sufre biotransformación y se excreta con la orina. Si, por el contrario, se encuentra a bajas concentraciones, la cantidad de monómero exhalado sin

modificar es muy pequeña y la proporción reducida a CO_2 representa aproximadamente el 12 %. El resto se transforma. El centro principal del proceso metabólico es el hígado, donde el monómero sufre una serie de procesos oxidativos, catalizados en parte por la alcohol deshidrogenasa y en parte por una catalasa. La principal ruta metabólica es la microsómica, a través de la cual el CV se oxida para formar óxido de cloroetileno, un epóxido inestable que se transforma espontáneamente en cloroacetaldehído.

Sea cual sea la ruta metabólica seguida, el producto final es siempre cloroacetaldehído, que seguidamente se combina con glutatión y cisteína. Los principales metabolitos excretados en la orina son la hidroxietilcisteína, la carboxietilcisteína (como tal o N-acetilada) y trazas de ácido monocloroacético y ácido tioglucólico. Una pequeña proporción de los metabolitos se excreta junto con la bilis al intestino.

Intoxicación aguda. En el ser humano, la exposición prolongada a CV produce un estado de intoxicación que puede seguir un curso agudo o crónico. Las concentraciones atmosféricas de alrededor de 100 ppm no son perceptibles, ya que el umbral del olor se sitúa entre 2.000 y 5.000 ppm. Estas altas concentraciones del monómero se perciben por un olor dulzón, no desagradable. La exposición a concentraciones elevadas produce un estado de exaltación, seguido de astenia, sensación de pesadez en las piernas y somnolencia. Las concentraciones de entre 8.000 y 10.000 ppm provocan vértigos; a 16.000 ppm se deterioran el oído y la vista; a 70.000 ppm se experimenta pérdida de consciencia y narcosis y las concentraciones superiores a 120.000 ppm pueden ser fatales para el ser humano.

Efecto carcinógeno. El cloruro de vinilo ha sido clasificado por la IARC dentro del Grupo 1 como carcinógeno humano demostrado y ha sido regulado por numerosas autoridades de todo el mundo como carcinógeno humano conocido. En el hígado puede provocar el desarrollo de un tumor maligno extremadamente raro, conocido como angiosarcoma, hemangioblastoma, hemangiendoteliooma maligno o mesenquimoma angiomatoso. El período medio de latencia es de unos 20 años. Evoluciona asintóticamente y sólo se manifiesta en las últimas fases, con síntomas de hepatomegalia, dolor, deterioro del estado general de salud y posiblemente signos de fibrosis hepática concomitante, hipertensión portal, venas esofágicas varicosas, ascitis, hemorragia del tracto digestivo, anemia hipocrómica, colestasis con aumento de la fosfatasa alcalina, hiperbilirrubinemia, aumento del tiempo de retención de BSP (bromosulfaleína), hiperfunción esplénica caracterizada principalmente por trombocitopenia y reticulocitosis y afección de las células hepáticas con disminución de la concentración plasmática de albúmina y fibrinógeno.

Los períodos largos de exposición a concentraciones suficientemente altas provocan un síndrome denominado "enfermedad por cloruro de vinilo". Esta entidad se caracteriza por síntomas neurotóxicos, modificaciones de la microcirculación periférica (fenómeno de Raynaud), alteraciones cutáneas de tipo esclerodérmico, alteraciones óseas (acrosteolisis), alteraciones del hígado y el bazo (fibrosis hepatoesplénica), síntomas genotóxicos acusados y cáncer. Pueden producirse afecciones cutáneas, como esclerodermia en el dorso de las manos a nivel de las articulaciones metacarpianas y falángicas y en la cara interna de los antebrazos. Las manos aparecen pálidas, frías, húmedas y sudorosas, por causa del intenso edema. La piel pierde su elasticidad, es difícil de pellizcar y se cubre de pequeñas pápulas, microvesículas y formaciones urticaroides. Estas alteraciones se han observado en pies, cuello, cara y espalda, así como en manos y brazos.

Acrosteolisis. Se trata de una afección esquelética que suele localizarse en las falanges distales de las manos. Se debe a una necrosis aséptica del hueso, de origen isquémico, provocada por una arteriolitis ósea estenosante. Las imágenes radiológicas

muestran un proceso de osteolisis con bandas transversales o con estrechamiento de las falanges ungulares.

Alteraciones hepáticas. En todos los casos de intoxicación por CV se observan alteraciones hepáticas, que suelen comenzar con digestiones pesadas, sensación de pesadez en la región epigástrica y meteorismo. El tamaño del hígado está aumentado, pero su consistencia es normal y no aparece dolor en las maniobras de palpación. Las pruebas funcionales hepáticas raramente están alteradas. La hepatomegalia desaparece una vez que cesa la exposición. Las personas expuestas durante períodos de tiempo más largos, es decir, de 2 a 20 años, pueden desarrollar fibrosis hepática, en ocasiones aislada, pero más frecuentemente asociada a esplenomegalia, que puede complicarse con hipertensión portal, varices esofágicas y, como consecuencia, hemorragias del aparato digestivo. La fibrosis hepática y esplénica no se asocia necesariamente con un aumento del tamaño de estos órganos. Las pruebas de laboratorio son poco indicativas, aunque la experiencia ha demostrado la conveniencia de realizar una prueba de BSP (bromosulfaleína), así como la determinación de SGOT (transaminasa glutamicooxalacética en suero) y la SGPT (transaminasa glutamicopirúvica en suero), gamma GT y bilirrubinemia. La única prueba fiable es una laparoscopia con biopsia. La superficie del hígado aparece irregular debido a la presencia de granulaciones y zonas escleróticas. La estructura general del hígado rara vez sufre modificaciones y el parénquima se ve poco afectado, si bien se encuentran células hepáticas con degeneración y necrosis de hepatocitos, siendo evidente un cierto polimorfismo de los núcleos celulares. Las alteraciones mesenquimatosas son más específicas, ya que siempre se observa fibrosis de la cápsula de Glisson que se extiende por los espacios portaes y penetra en los intersticios de las células hepáticas. Cuando el bazo resulta afectado, se observa fibrosis capsular con hiperplasia folicular, dilatación de los sinusoides y congestión de la pulpa roja. No es raro encontrar una ascitis discreta. Tras retirar al sujeto de la exposición, la hepatomegalia y la esplenomegalia disminuyen, las alteraciones del parénquima hepático remiten y los cambios mesenquimáticos pueden continuar su progresión o pueden ceder en su evolución.

Bromuro de vinilo. Aunque la toxicidad aguda del bromuro de vinilo es menor que la de muchos otros productos químicos de este grupo, la IARC lo considera un probable carcinógeno humano (Grupo 2A) y debe manipularse como un posible carcinógeno en el lugar de trabajo. En el conejo, el bromuro de vinilo en estado líquido produce una irritación moderada de los ojos, pero no de la piel. Las ratas, conejos y monos expuestos a concentraciones de 250 ó 500 ppm durante 6 horas diarias, 5 días a la semana durante 6 meses, no presentaron ningún tipo de alteración. Se ha realizado un experimento con ratas a las que se expuso durante un año a concentraciones de 1.250 ó 250 ppm (6 horas diarias, 5 días a la semana). Al cabo de ese tipo se había producido un aumento de la mortalidad, pérdida de peso, angiosarcoma de hígado y carcinomas de las glándulas de Zimbal. Se ha comprobado que esta sustancia es mutágena para las colonias de *Salmonella typhimurium* con y sin activación metabólica.

Cloruro de vinilideno (CVD). Si el cloruro de vinilideno puro se mantiene entre -40 °C y +25 °C en presencia de aire o de oxígeno, se forma un peróxido muy explosivo cuya estructura no se ha determinado, que puede detonar por la acción de cualquier estímulo mecánico ligero o por la acción del calor. Los vapores producen una irritación moderada de los ojos y la exposición a altas concentraciones provoca efectos similares a los de una borrachera, que pueden progresar hasta producirse inconsciencia. En estado líquido, este producto es irritante para la piel, acción ésta que, en parte, puede deberse al inhibidor fenólico que se añade para evitar su polimerización incontrolada y su explosión. También exhibe propiedades sensibilizantes.

El potencial carcinógeno del CVD en animales sigue siendo objeto de debate. La IARC no lo ha clasificado como carcinógeno posible o probable (en 1996), pero el NIOSH de Estados Unidos ha recomendado el mismo límite de exposición para el CVD que para el cloruro de vinilo monómero, esto es, 1 ppm. Hasta la fecha, no se han realizado estudios epidemiológicos importantes respecto a la carcinogenicidad para las personas de los copolímeros de cloruro de vinilo-CVD.

El CVD presenta una actividad mutágena que varía según su concentración. Cuando la concentración es baja, se ha visto que dicha actividad es mayor que la del cloruro de vinilo monómero. Sin embargo, parece ser que disminuye cuando se trata de dosis elevadas, probablemente como resultado de la inhibición de las enzimas microsómicas responsables de su activación metabólica.

Hidrocarburos alifáticos bromados

Bromoformo. La mayor parte de la experiencia que se tiene de casos de intoxicación en personas procede de la administración oral de bromoformo y resulta difícil determinar la importancia de su toxicidad en aplicaciones industriales. El bromoformo se ha utilizado como sedante y, sobre todo, como antitusígeno, durante muchos años. La ingestión de dosis superiores a las terapéuticas (entre 0,1 y 0,5 g) provoca estupor, hipotensión y coma. Además del efecto narcótico, también tiene una potente acción irritante y lacrimógena. La exposición a los vapores de bromoformo provoca una intensa irritación de las vías respiratorias, lagrimeo y sialorrea. El bromoformo puede causar lesiones hepáticas y renales y, en ratones, provoca tumores tras su aplicación intraperitoneal. Se absorbe también a través de la piel. La exposición a concentraciones de hasta 100 mg/m³ (10 ppm) produce cefalea, mareo, dolor en la región del hígado y alteración de la función hepática.

El *dibromuro de etileno* (dibromoetano) es un producto químico potencialmente peligroso con una dosis letal mínima estimada para el ser humano de 50 mg/kg. De hecho, la ingestión de 4,5 cm³ de Dow-fume W-85, que contiene un 83 % de dibromoetano, provocó la muerte de una mujer adulta de 55 kg de peso. La IARC lo ha clasificado en el Grupo 2A como carcinógeno humano probable.

Los síntomas que provoca este producto químico dependen de que se haya producido contacto directo con la piel, inhalación de vapores o ingestión oral. Como su forma líquida es un potente irritante, el contacto prolongado con la piel produce enrojecimiento, edema y vesículas, que pueden ulcerarse. La inhalación de vapores provoca lesiones en el aparato respiratorio, con congestión pulmonar, edema y neumonía. También se produce depresión del sistema nervioso central, con sopor. En caso de muerte, ésta suele producirse por fracaso cardiopulmonar. La ingestión oral de este compuesto produce lesiones hepáticas y, aunque de menor importancia, renales, tanto en animales de experimentación como en seres humanos. En estos casos, la muerte suele deberse a lesiones hepáticas extensas. Otros síntomas que se observan tras la ingestión o inhalación de dibromo de etileno son excitación, cefalea, zumbido de oídos, debilidad generalizada, pulso débil y vómitos intensos y prolongados.

La administración oral del dibromoetano a través de una sonda gástrica provocó carcinomas de células escamosas en el cardias de ratas y ratones, cánceres de pulmón en ratones, hemangiosarcomas esplénicos en ratas macho y cáncer de hígado en ratas hembra. No se han descrito casos en el hombre ni se han realizado estudios epidemiológicos en seres humanos.

Recientemente se ha detectado en ratas una grave interacción tóxica entre dibromoetano inhalado y disulfiram administrado por vía oral, que produce tasas de mortalidad muy altas con una elevada incidencia de tumores, como hemangiosarcomas hepáticos, esplénicos y renales. Por ello, el NIOSH de Estados Unidos

recomienda que (a) los trabajadores no se expongan al dibromoetano cuando estén recibiendo tratamiento con sulfiram (Antabuse o Rosulfiram utilizados para ayudar a abandonar el consumo de alcohol) y (b) ningún trabajador se exponga al mismo tiempo al dibromoetano y al disulfiram (este último se utiliza también en la industria como acelerador en la fabricación de caucho, como fungicida y como insecticida).

Afortunadamente, la aplicación de dibromoetano como fumigante de tierras se realiza normalmente bajo la superficie del suelo utilizando un inyector, lo que permite reducir al mínimo el riesgo de contacto directo con el líquido y los vapores. Asimismo, la baja presión de vapor de este producto reduce la posibilidad de inhalación de grandes cantidades del mismo.

El olor del dibromoetano puede detectarse a una concentración de 10 ppm. Con este producto deben adoptarse las mismas precauciones ya indicadas en este capítulo que para la manipulación de cualquier sustancia cancerígena. El uso de prendas protectoras y guantes de nylon-neopreno ayuda a evitar el contacto con la piel y una posible absorción. En caso de contacto directo con la superficie cutánea, se retirará la ropa que cubra la zona y se procederá a lavar la piel con agua abundante y jabón. Cuanto antes se realice esta operación, más se evitará la aparición de lesiones cutáneas. En caso de contaminación de los ojos por el producto líquido o por sus vapores, se irrigarán estos con agua abundante. La ingestión de dibromoetano produce graves lesiones hepáticas, razón por la cual es imprescindible realizar un vaciado urgente de estómago y un lavado gástrico minucioso. El tratamiento para prevenir lesiones hepáticas debe consistir en procedimientos tan tradicionales como una dieta alta en hidratos de carbono con suplementos vitamínicos, especialmente de vitaminas B, C y K.

El bromuro de metilo es uno de los haluros orgánicos más tóxicos y no despiden un olor que avise de su presencia. En la atmósfera se dispersa lentamente. Por todo ello, es uno de los compuestos más peligrosos que se utilizan en la industria. Se introduce en el organismo sobre todo por inhalación, siendo el grado de absorción percutánea probablemente insignificante. A menos que se produzca una narcosis severa, los síntomas suelen tardar horas o incluso días en manifestarse. Se han producido algunas muertes relacionadas con la fumigación de este producto, que plantea un problema especial por su uso continuado. Otros casos mortales han ocurrido por fugas en las plantas refrigeradoras o por el uso de extintores de incendios. El contacto prolongado de la piel con ropa contaminada por salpicaduras puede producir quemaduras de segundo grado.

El bromuro de metilo daña el cerebro, el corazón, los pulmones, el bazo, el hígado, las glándulas suprarrenales y los riñones. En estos órganos se han encontrado alcohol metílico, formaldehído y bromuro en cantidades que oscilan entre 32 y 62 mg por cada 300 g de tejido. El cerebro puede sufrir una congestión aguda, con edema y degeneración cortical. La congestión pulmonar puede no existir o ser extrema. La degeneración de los túbulos renales produce uremia. Las hemorragias pulmonares y cerebrales indican lesiones en el sistema vascular. Parece ser que el bromuro de metilo se hidroliza en el organismo, formando bromuro inorgánico. Los efectos sistémicos de esta sustancia pueden ocasionar una forma inusual de bromidismo con penetración intracelular del bromo. En estos casos, las lesiones pulmonares son menos graves.

Se ha observado una dermatitis acneiforme en personas sometidas a exposiciones reiteradas. Se han descrito también efectos acumulativos, casi siempre con alteraciones del sistema nervioso central, tras la inhalación repetida de concentraciones moderadas de bromuro de metilo.

Medidas de salud y seguridad

Ante todo, y siempre que sea posible, debe evitarse el uso de los compuestos más peligrosos de este grupo, sustituyéndolos por sustancias menos nocivas. Por ejemplo, siempre que sea posible debe sustituirse el bromometano por sustancias de menor riesgo en refrigeradores y extintores de incendios. Además de las precauciones de salud y seguridad aplicables a los productos químicos volátiles de toxicidad similar, se recomiendan también las siguientes:

Incendio y explosión. Solamente no son inflamables ni explosivos los miembros más altos de las series de hidrocarburos alifáticos halogenados. Algunos de ellos son incombustibles y se utilizan como agentes extintores de incendios. Por el contrario, los miembros más bajos de las series son inflamables y, en algunos casos, altamente inflamables (por ejemplo, el 2-cloropropano) y forman mezclas explosivas con el aire. Además, algunos miembros insaturados (p. ej., el dicloroetileno) pueden formar peróxidos altamente explosivos incluso a temperaturas muy bajas. La descomposición térmica de los hidrocarburos halogenados puede formar compuestos tóxicos peligrosos.

Las medidas preventivas de carácter técnico e higiénico deben complementarse con exploraciones médicas periódicas y pruebas de laboratorio dirigidas a detectar lesiones en los órganos afectados, sobre todo en el hígado y los riñones.

TABLAS DE HIDROCARBUROS HALOGENADOS SATURADOS

Tabla 104.93 • Identificación química.

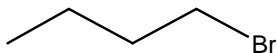
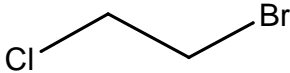
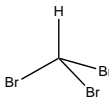
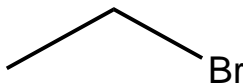
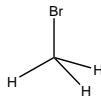
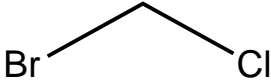
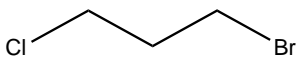
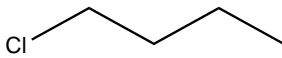
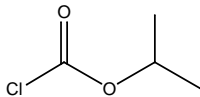
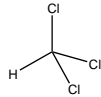
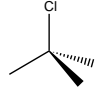
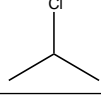
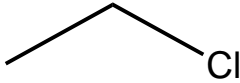
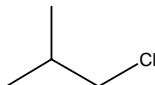
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
1-BROMOBUTANO	1-Bromobutano; bromuro de n-butilo UN 1126	109-65-9	
1-BROMO-2-CLOROETANO		107-04-0	
BROMOFORMO	Tribromo de metenilo; tribromuro de metilo; tribromometano UN2515	75-25-2	
BROMURO DE ETILO	Eter brómico; bromoetano; etil bromuro; éter bromhídrico UN1891	74-96-4	
BROMURO DE METILO	Bromometano; Metafume; monobromometano metogás UN1062	74-83-9	
CLOROBROMOMETANO	Bromoclorometano; Halón 1011; clorobromuro de metileno; monocloromonobromometano UN1887	74-97-5	
1-CLORO-3-BROMOPROPANO	1-Bromo-3-cloropropano; cloruro de 3-bromopropilo; bromuro de 3-cloropropilo; cloruro-bromuro de trimetileno; clorobromuro de trimetileno UN2688	109-70-6	
1-CLOROBUTANO	Cloruro de butilo; cloruro de n-butilo; cloruro de n-propilcarbinilo	109-69-3	
CLOROFORMIATO DE ISOPROPILO		108-23-6	
CLOROFORMO	Tricloruro de metano; tricloruro de metilo; tricloroformo; triclorometano UN1888	67-66-3	
2-CLORO-2-METILPROPANO	Cloruro de <i>tert</i> -butilo; 2-cloroisobutano; trimetilclorometano	507-20-0	
2-CLOROPROPANO	Isopropilcloruro UN2356	75-29-6	
CLORURO DE ETILO	Cloroetano; cloretilo; éter clorado; éter clorhídrico; monocloroetano UN1037	75-00-3	
CLORURO DE ISOBUTILO		513-36-0	

Tabla 104.93 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
CLORURO DE METILENO	Diclorometano; dicloruro de metano; dicloruro de metileno UN1593	75-09-2	
CLORURO DE METILO	Metil cloruro; monoclorometano UN1063	74-87-3	
1,2-DIBROMO-3-CLOROPROPANO	1-Cloro-2,3-dibromopropano; 3-cloro-1,2-dibromopropano; dibromocloropropano; 1-2-dibromo-3-cloropropano UN2872	96-12-8	
DIBROMOMETANO	Dibromometano; bromuro de metileno; dibromuro de metileno UN2664	74-95-3	
DIBROMURO DE ETILENO	Dibromoetano; <i>sim</i> -dibromoetano; 1,2-dibromoetano UN1605	106-93-4	
1,1-DICLOROETANO	Eter clorhídrico clorado; 1,1-dicloroetano; cloruro de etilideno; dicloruro de etilideno UN2362	75-34-3	
1,1-DICLOROPROPANO	Cloruro de propilideno	78-99-9	
1,2-DICLOROPROPANO	α - β -Dicloropropano; 1,2-dicloropropano, cloruro de propileno UN1279	78-87-5	
1,3-DICLOROPROPANO	Dicloruro de trimetileno	142-28-9	
DICLORURO DE ETILENO	1,2-Dicloroetano; 1,2-DCE; 1 dicloreulsión; 1,2-dicloroetano; dicloroetileno; cloruro de propilo UN1184	107-06-2	
HEPTACLOR	Heptaclorano; 3,4,5,6,7,8,8-heptaclorodicyclopentadieno; 1,4,5,6,7,10,10-heptacloro-4,7,8,9-tetrahidro-4,7-metilenindeno	76-44-8	
HEXAACLOROCICLOHEXANO	Hexacloruro de benceno; hexaclor; 1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano	608-73-1	
α -HEXAACLOROCICLOHEXANO	Hexacloruro de α -benceno; ENT 9,232; α -HCH; a-hexaclorano; α -1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano	319-84-6	
β -HEXAACLOROCICLOHEXANO	Hexacloruro de <i>trans</i> - α -benceno; β -isómero; β -1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano; 1- α -,2- β ,3- α -,4- β ,5- α -,6- β -hexaclorociclohexano	319-85-7	

Tabla 104.93 • Identificación química.

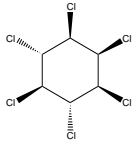
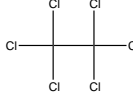
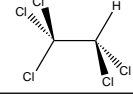
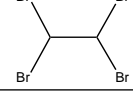
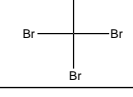
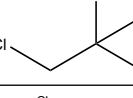
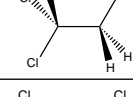
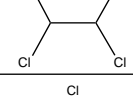
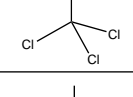
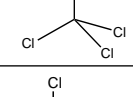
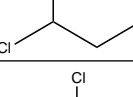
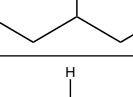
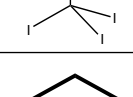

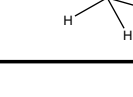
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
δ-HEXACLOROCICLOHEXANO	δ-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano; 1-α, 2-α, 3-α, 4-β, 5-α, 6-β-hexaclorociclohexano; δ-lindano	319-86-8	
HEXACLOROETANO	Hexacloruro de etano; hexacloruro de etileno; hexacloretano; hexacloroetano; 1,1,1,2,2,2-hexacloroetano; percloroetano	67-72-1	
PENTAFLOROETANO	Pentacloruro de etano UN1669	76-01-7	
TETRABROMURO DE ACETILENO	Líquido de Muthmann; TBE; tetrabromoacetileno; sim-tetrabromoetano; 1,1,2,2-tetrabromoetano	79-27-6	
TETRABROMURO DE CARBONO	Bromuro de carbono; tetrabromuro de metano; tetrabromometano UN2516	558-13-4	
TETRAFLOROETANO	Tetracloroetano UN1702	25322-20-7	
1,1,1,2-TETRAFLOROETANO		630-20-6	
1,1,2,2-TETRAFLOROETANO	1,1-Dicloro-2,2-dicloroetano; tetracloretano; 1,1,2,2-tetracloroetano	79-34-5	
TETRAFLORURO DE CARBONO	Bencinoforno; tetraclorocarbano; tetraclorometano UN1846	56-23-5	
1,1,1-TRICLOROETANO	Cloroetano; metilcloroformo; metiltriclorometano; tricloroetano; α-tricloroetano; triclorometilmetano UN2831	71-55-6	
1,1,2-TRICLOROETANO	Tricloruro de etano; tricloruro de vinilo	79-00-5	
1,2,3-TRICLOROPROPANO	Tricloruro de alilo; gliceril triclorohidrina; gliceril triclorohidrina; triclorohidrina	96-18-4	
YODOFORMO	Triyodometano	75-47-8	
YODURO DE ETILO	Eter yodhídrico; yodoetano	75-03-6	
YODURO DE METILO	Yodometano UN2644	74-88-4	

Tabla 104.94 • 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
BROMOFORMO 75-25-2	ojos; piel; tract resp; puede afectar al SNC; hígado; riñones; corazón; sangre	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Enrojecimiento de la cara, salivación, alteración de los movimientos, convulsiones, tos, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, inconsciencia, pérdida de memoria, shock, los síntomas pueden tardar en aparecer Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Sensación de quemazón	Ojos; piel; hígado; riñones; sis resp; SNC Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; depres SNC; lesiones hepáticas y renales
BROMURO DE ETILO 74-96-4					Piel; hígado; riñones; sis resp; SVC; SNC; ojos Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; depres SNC; edema pulm; lesiones hepáticas y renales; arrit card, parada card
BROMURO DE METILO 74-83-9	ojos; tract resp; pulmones; puede afectar al SNC	piel; pulmones; SNC; hígado; riñones; cerebro	Inhalación Piel Ojos	Mareo, cefalea, dolor abdominal, dolor torácico, vómitos, debilidad, alucinaciones, pérdida del habla, descoordinación, dificultad respiratoria, edema pulmonar, convulsiones Puede absorberse, picores, hormigueo, sensación de quemazón, enrojecimiento, ampollas, dolor, en contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, pérdida temporal de la visión, ceguera durante 12 horas	SNC; sis resp; piel; ojos [en animales: tumores de pulmón, riñón y cardíacas] Inh; abs (liq); con (liq)	Irrit ojos, piel, sis resp; deb musc, desco, dis vis, mar; náu, vómit, cef; mal; temblor de las manos; convul; disn; vesic en la piel; liq; congelación; [carc]
CLOROBROMOMETANO 74-97-5	ojos; piel; tract resp; SNC	riñones; hígado	Inhalación Piel Ojos	Confusión, mareo, sopor, cefalea, inconsciencia Sequedad de piel, enrojecimiento, aspereza Enrojecimiento, dolor, visión borrosa	Piel; hígado; riñones; sis resp; ojos; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, garganta; conf, mar, depres SNC; edema pulm
CLOROFORMIATO DE ISOPROPILO 108-23-6	ojos; piel; tract resp; pulmones	pulmones				
CLOROFORMO 67-66-3	ojos; piel; tract resp; puede afectar al SNC; SCV; tract GI; hígado; riñones	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, sopor, cefalea, náuseas Puede absorberse, enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, vómitos	Hígado; riñones; corazón; ojos; piel; SNC [en animales: cáncer de hígado y riñón] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel; mar, embo mental, náu, conf; cef, ftg; anes; dilatación del hígado; [carc]
2-CLORO-2-METILPROPANO 507-20-0					Ojos; piel; sis resp	
CLORURO DE ETILO 75-00-3			Inhalación Piel Ojos	Espasmos abdominales, mareo, embotamiento, cefalea Puede absorberse, en contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento, dolor, visión borrosa	Hígado; riñones; sis resp; SVC Inh; abs (liq); ing (liq); con	Desco, embri; espasmos abdom; arrit card, parada card; lesiones hepáticas y renales
CLORURO DE ISOBUTILO 513-36-0	ojos; piel; tract resp; puede afectar al SNC					

Tabla 104.94 • 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
CLORURO DE METILENO 75-09-2	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel; SNC; hígado; cerebro	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor, cefalea, náuseas, inconsciencia, debilidad, muerte Sequedad, enrojecimiento, sensación de quemazón Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves Dolor abdominal	piel; SVC; ojos; SNC [en animales: hígado y glándulas salivales y mamarias] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel; ftg, deb, somn, atur, hormigueo y entu de los miembros; náu; [carc]
CLORURO DE METILO 74-87-3	SNC: lesiones cerebrales; hígado; riñones; médula ósea		Inhalación Piel	Confusión, diarrea, mareo, cefalea, marcha bamboleante, náuseas, inconsciencia, vómitos, convulsiones e insuficiencia respiratoria Puede absorberse, en contacto con el líquido: congelación	SNC; hígado; riñones; sis repro [en animales: tumores de pulmón, riñón y cardias] Inh; con (liq.)	Mar, náu, vómit; dis vis, habla tibusante, convul, coma; lesiones hepáticas y renales; liq: congelación; efectos repro, terato; [carc]
1,2-DIBROMO3-CLORO-PROPANO 96-12-8	ojos; piel; tract resp; pulmones; hígado; riñones	hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Extremadamente irritante, sensación de quemazón, tos, cefalea, disnea, dolor de garganta, debilidad Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Sensación de quemazón, náuseas, dolor de garganta, vómitos	SNC; piel; hígado; riñones; bazo; sis repro; tract GI; sis resp; sis digestivo [en animales: cáncer de cavidad nasal, lengua, faringe, pulmones, estómago, glándulas suprarrenales y mamarias] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; sop; náu, vómi; edema pulm; lesiones hepáticas y renales; esterilidad; [carc]
DIBROMOETANO 74-95-3	ojos; piel; tract resp; puede afectar al SNC; riñones; hígado	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, insuficiencia respiratoria, náuseas, cefalea, vómitos, narcosis, diarrea, embotamiento Puede absorberse, sequedad de piel, Enrojecimiento Irritación gastrointestinal		
1,2-DIBROMOETANO 106-93-4	ojos; piel; tract resp; SNC	pulmones; hígado; riñones; carcinógeno para humanos; reproducción humana	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, disnea, inconsciencia Puede absorberse, dolor, enrojecimiento, ampollas Dolor, enrojecimiento, quemaduras profundas graves Espasmos abdominales, confusión, diarrea, cefalea (véase también Inhalación)	Sis resp; hígado; riñones; piel; ojos; sis repro [en animales: tumores cutáneos y pulmonares] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; derm con vesic; lesiones en hígado, corazón, bazo y riñones; efectos repro; [carc]
DIBROMURO DE ETILENO 106-93-4	ojos; piel; tract resp; SNC	pulmones; hígado; riñones; sistema reproductivo	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, disnea, inconsciencia Puede absorberse, dolor, enrojecimiento, ampollas Dolor, enrojecimiento, quemaduras profundas y graves Espasmos abdominales, confusión, diarrea, cefalea	Sis resp; hígado; riñones; piel; ojos; sis repro [en animales: tumores de piel y de pulmón] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; derm con vesic; lesiones en hígado, corazón, bazo y riñones; efectos repro; [carc]
1,1-DICLOROETANO 75-34-3	ojos; tract resp; SNC	piel; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor, embotamiento, náuseas, inconsciencia Sequedad de piel, aspereza Enrojecimiento, dolor Sensación de quemazón	Piel; hígado; riñones; pulmones; SNC Inh; ing; con	Irrit piel; depres SNC; lesiones hepáticas, renales y pulmonares

Tabla 104.94 • 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
1,1-DICLOROPROPANO 78-99-9	el aerosol irrita los ojos y la piel		Piel	Enrojecimiento, dolor		
1,2-DICLOROPROPANO 78-87-5	ojos; piel; tract resp; sistema nervioso	dermatitis; hígado; sangre; malformaciones congénitas	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Anorexia, diarrea, sopor, cefalea, dolor de garganta Sequedad, enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, diarrea, sopor, cefalea, náuseas, vómitos	Ojos; piel; sis resp; hígado; riñones; SNC [en animales: tumores en el hígado y en las glándulas mamarias] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; mar; atur; lesiones hepáticas y renales; en animales: depres SNC; [carc]
1,3-DICLOROPROPANO 142-28-9	ojos; piel; tract resp; pulmones; puede afectar a la sangre; SNC; hígado	piel	Piel	Enrojecimiento, dolor		
DICLORURO DE ETILENO 107-06-2					Riñones; hígado; ojos; piel; SNC; SVC [en animales: cáncer de cardias, glándulas mamarias y sis circulatorio] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, opac córni; depres SNC; náu, vómit; derm; lesiones hepáticas, renales y del SVC; [carc]
HEXACLOROCICLOHEXANO 608-73-1	ojos; piel; tract resp; puede afectar al SNC	piel; SNC; médula ósea; hígado; hormonas sexuales; genitales	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Confusión, mareo, cefalea, vómitos, debilidad, irritabilidad, temblores, parestesia Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento Mareo, sopor, dificultad respiratoria, vómitos, temblores, espasmos musculares, convulsiones, depresión		
α-HEXACLOROCICLOHEXANO 319-84-6	ojos; piel; tract resp; SNC	sangre; hígado	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Debilidad, temblores Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento Diarrea, mareo, cefalea, náuseas, vómitos		
β-HEXACLOROCICLOHEXANO 319-85-7	ojos; piel; tract resp; SNC	sangre; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Debilidad, temblores, convulsiones Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento Diarrea, mareo, cefalea, náuseas, vómitos		
HEXACLOROETANO 67-72-1	SNC	hígado; riñones; SNC	Piel	Puede absorberse	Ojos; piel; sis resp; riñones [en animales: cáncer de hígado] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, muc; en animales: lesiones hepáticas; [carc]
TETRABROMURO DE CARBONO 558-13-4	ojos; piel; tract resp; SNC; hígado; riñones	hígado	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Dolor de garganta, tos, dificultad respiratoria, embotamiento, sopor, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, dolor, quemaduras graves en la piel Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor de garganta, dolor abdominal, diarrea, embotamiento	Ojos; piel; sis resp; riñones; hígado Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; lag; lesiones pulmonares, hepáticas y renales; en animales: daños en la córnea

Tabla 104.94 • 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
1,1,2,2-TETRACLOROETANO 79-34-5	ojos; piel; tract resp	piel; hígado; riñones; SNC			Piel; hígado; riñones; SNC; tract GI [en animales: tumores hepáticos] Inh; abs; ing; con	Náu, vómi, dolor abdom; temblor de dedos; ict, hepatitis, sens dol del hígado; derm; monoci; lesiones hepáticas; [carc]
TETRACLORURO DE CARBONO 56-23-5	ojos; SNC; hígado; riñones	piel; SNC	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor, cefalea, náuseas Puede absorberse, enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, diarrea	SNC; ojos; pulmones; hígado; riñones; piel [en animales: cáncer de hígado] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel; depres SNC; náu, vómit; lesiones hepáticas y renales; sop, mar, desco; [carc]
1,1,1-TRICLOROETANO 71-55-6	ojos; piel; tract resp; la inhalación puede provocar disnea; puede afectar al SNC; hígado; riñones	piel; hígado; riñones			Piel; SVC; SNC; ojos; hígado Inh; ing; con	Irrit ojos, piel; cef, las, depres SNC, equi defici; derm; arrit card; lesiones hepáticas
1,1,2-TRICLOROETANO 79-00-5	ojos; piel; tract resp; puede afectar al SNC; hígado; riñones	skin			SNC; ojos; nariz; hígado; riñones Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz; depres SNC; lesiones hepáticas y renales; derm; [carc]
1,2,3-TRICLOROPROPANO 96-18-4	ojos; piel; tract resp; puede afectar al hígado		Inhalación Piel Ojos	Cefalea, inconsciencia Enrojecimiento Enrojecimiento	Ojos; sis resp; piel; SNC; hígado; riñones [en animales: cáncer de cardías, hígado y glándulas mamarias] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz, garganta; depres SNC; en animales: lesiones hepáticas y renales; [carc]
YODURO DE ETILO 75-03-6	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC; riñones; tiroides; hígado		Inhalación Piel Ojos	Sabor desagradable, confusión, tos, sopor, disnea, inconsciencia, dolor en las extremidades Puede absorberse, quemaduras en la piel, ampollas El vapor se absorbe, quemaduras profundas graves		
YODURO DE METILO 74-88-4					SNC; piel; ojos; sis repro [en animales: tumores de pulmón, riñón y cardías] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; náu, vómit; mar, ataxia; habla titubeante, sop; derm; [carc]

Tabla 104.95 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
BROMOFORMO 75-25-2		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos y corrosivos como bromuro de hidrógeno y bromo Es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosivo para la mayoría de los metales Es un ácido de fuerza intermedia Es un ácido débil Reacciona violentamente con oxidantes y bases en forma de polvo y es corrosivo para la mayoría de los metales Reacciona con metales alcalinos, aluminio, zinc y magnesio en polvo y acetona en condiciones básicas, con peligro de incendio y explosión Ataca algunos tipos de plástico, caucho y revestimientos Incompatible con sodio, potasio, calcio, aluminio en polvo, zinc, magnesio, cáusticos fuertes, aleación de potasio sódico, acetona e hidróxido potásico 	6.1
BROMURO DE METILO 74-83-9	<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 	<ul style="list-style-type: none"> Al calentarse, desprende vapores tóxicos Reacciona con oxidantes fuertes, aluminio y caucho 	2.3
CLOROBROMOMETANO 74-97-5		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse, produciendo cloruro de hidrógeno, cloro, fosgeno, bromuro de hidrógeno Reacciona con oxidantes Reacciona con acero, aluminio, magnesio y zinc, salvo que se inhiba 	6.1
1-CLORO-3-BROMOPROPANO 109-70-6			6.1
1-CLOROBUTANO 109-69-3			3
CLOROFORMATO DE ISOPROPILO 108-23-6			6.1/ 3/ 8
CLOROFORMO 67-66-3	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone y forma vapores tóxicos e irritantes (cloruro de hidrógeno; fosgeno; cloro) Se descompone lentamente por efecto del aire y de la luz Reacciona violentamente con bases fuertes, oxidantes fuertes y algunos metales, como aluminio, litio, magnesio, potasio, sodio y acetona, con peligro de incendio y explosión Ataca el plástico, el caucho y los revestimientos 	6.1
2-CLOROPROPANO 75-29-6			3
CLORURO DE ETILO 75-00-3	<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 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse o al arder, produciendo gases tóxicos (cloruro de hidrógeno) Reacciona violentamente con oxidantes, metales alcalinos, calcio, magnesio, polvo de aluminio y zinc Reacciona con agua o vapor, liberando vapores corrosivos de cloruro de hidrógeno 	2.1
CLORURO DE METILENO 75-09-2	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire Pueden generarse cargas electrostáticas como consecuencia de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone y forma vapores tóxicos y corrosivos Reacciona violentamente con metales como aluminio, magnesio, sodio, potasio y litio, bases y oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión Ataca algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos 	6.1
CLORURO DE METILO 74-87-3	<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 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al arder formando cloruro de hidrógeno y fosgeno y en contacto con materias oxidantes, amidas, aminas y aluminio, produciendo cloruro de hidrógeno y fosgeno Es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores Es un agente reductor fuerte y reacciona con oxidantes 	2.1
1,2-3-DIBROMOCLOROPROPANO 96-12-8	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse por encima del punto de ebullición y al arder, produciendo vapores tóxicos (bromuro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, monóxido de carbono) Reacciona con aluminio, magnesio, estaño y sus aleaciones en presencia de agua Reacciona en contacto con álcali, produciendo alcohol 2-bromoalílico Ataca algunos tipos de caucho y revestimientos 	6.1
DIBROMOETANO 74-95-3	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone y forma vapores irritantes (bromuro de hidrógeno) Se descompone al calentarse, produciendo vapores irritantes (bromuro de hidrógeno) 	6.1

Tabla 104.95 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
DIBROMURO DE ETILENO 106-93-4			6.1
1,1-DICLOROETANO 75-34-3	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse y al arder, liberando vapores tóxicos y corrosivos, entre ellos fosgeno y cloruro de hidrógeno Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, metales alcalinos y metales de álcalis terrosos y metales en polvo, con peligro de incendio y explosión Ataca el aluminio, el hierro y el polietileno En contacto con un cáustico fuerte, forma gas acetaldehído tóxico e inflamable 	3
1,1-DICLOROPROPANO 78-99-9	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse, produciendo el cloruro de hidrógeno Reacciona con oxidantes fuertes y bases fuertes 	
1,2-DICLOROPROPANO 78-87-5	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> En su combustión libera gases y vapores tóxicos y corrosivos (cloruro de hidrógeno y fosgeno) Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, ácidos y bases, con peligro de incendio y explosión Es corrosivo para aleaciones de aluminio 	3
1,3-DICLOROPROPANO 142-28-9	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse, produciendo cloruro de hidrógeno y fosgeno Reacciona con oxidantes, ácidos, bases y alúmina 	
DICLORURO DE ETILENO 107-06-2			3/6.1
HEPTACLOR 76-44-8		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse, liberando vapores tóxicos de cloro y cloruro de hidrógeno Reacciona con oxidantes fuertes 	
HEXACLOROCICLOHEXANO 608-73-1		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse o al arder, liberando vapores altamente tóxicos (fosgeno, cloro y cloruro de hidrógeno), y en contacto con álcalis Deshidrocloración a temperatura ambiente; deshidrocloración cuando se calienta, produciendo pentaclorociclohexano y triclorobencenos 	
α-HEXACLOROCICLOHEXANO 319-84-6		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse o al arder, liberando vapores tóxicos (fosgeno, cloruro de hidrógeno) Reacciona violentamente con dimetilformamida en presencia de hierro 	
β-HEXACLOROCICLOHEXANO 319-85-7		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse o al arder, liberando vapores tóxicos (fosgeno, cloruro de hidrógeno) 	
HEXACLOROETANO 67-72-1		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone al calentarse por encima de 300 °C, produciendo vapores tóxicos y corrosivos, fosgeno y cloruro de hidrógeno Reacciona violentamente con zinc, aluminio en polvo y sodio Ataca el hierro en presencia de humedad 	
PENTAOROETANO 76-01-7			6.1
TETRABROMURO DE CARBONO 558-13-4		<ul style="list-style-type: none"> Se descompone en contacto con una llama o una superficie caliente, liberando gases tóxicos (bromo) Explota por impacto cuando se mezcla con litio 	6.1
1,1,1,2-TETRAOROETANO 630-20-6			6.1
1,1,2,2-TETRAOROETANO 79-34-5			6.1
TETRAOROURO DE CARBONO 56-23-5	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone formando vapores tóxicos e irritantes (cloruro de hidrógeno; cloro; fosgeno) Reacciona violentamente con algunos metales como aluminio, bario, magnesio, potasio, sodio, flúor y otras sustancias, con peligro de incendio y explosión Ataca el cobre, el plomo y el zinc 	6.1
1,1,1-TRICOROETANO 71-55-6			6.1

Tabla 104.95 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
1,2,3-TRICLOROPROPANO 96-18-4	• El gas es más pesado que el aire • El vapor es más pesado que el aire	• Se descompone al calentarse, liberando vapores tóxicos de cloro y fosgeno • Reacciona violentamente con metales • Incompatible con metales activos, cáusticos fuertes y oxidantes fuertes	
YODURO DE ETILO 75-03-6	• El vapor es más pesado que el aire	• En su combustión se forma monóxido de carbono, yodo y yoduro de hidrógeno • Se descompone al arder, produciendo yodo y yoduro de hidrógeno • Reacciona con oxidantes • Reacciona violentamente con cloruro de plata, con peligro de incendio y explosión	
YODURO DE METILO 74-88-4			6.1

Tabla 104.96 • 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-BROMOBUTANO 109-65-9	líquido incoloro; líquido de color pajizo pálido	101,3	-112	137,03	insol	1,2686 @ 25 °C/4 °C	4,72			65 °F ca	265
1-BROMO-2-CLOROETANO 107-04-0	líquido incoloro	107	-16,7	143,4	0,69 g/100 g @ 30 °C	1,7392 @ 20 °C/4 °C	4,94	760 mm Hg @ 82,7 °C			
BROMOFORMO 75-25-2	líquido denso; escamas hexagonales; líquido incoloro o amarillo	149,1	8,0	252,73	lig sol	2,8899	8,7	0,7			
BROMURO DE ETILO 74-96-4	líquido incoloro	38,2	-119	108,98	lig sol	1,4612	3,76	467 mm Hg @ 25 °C	6,8 li 8,0 ls	-20 cc	511
BROMURO DE METILO 74-83-9	gas incoloro	3,55	-93,66	94,95	1,75 g/100 g	3,974 g/l (gas)	3,3	1420 mm Hg	13,5 li 14,5 ls		537
CLOROBROMOMETANO 74-97-5	líquido incoloro y transparente; líquido amarillo pálido	68	-88	129,38	insol	1,9344	4,5	15,8			
1-CLORO-3-BROMOPROPANO 109-70-6	líquido incoloro	143,3	-58,9	157,44	insol	1,5969					
1-CLOROBUTANO 109-69-3	líquido incoloro	78,6	-123,1	92,56	insol	0,8862	3,2	80,1 mm Hg	1,8 li 10,1 ls	-9 cc	460
CLOROFORMIATO DE ISOPROPILO 108-23-6	líquido incoloro	105		122,55	insol	1,08 g/ml	4,2			156	
CLOROFORMO 67-66-3	líquido incoloro y transparente	61,5	-64	119,39	lig sol	1,4832	4,12	21,2			
2-CLORO-2-METILPROPANO 507-20-0		50,9	-26	92,56	lig sol	0,8420					
2-CLOROPROPANO 75-29-6	líquido incoloro	35,7	-117,2	78,54	lig sol	0,8617	2,7	523 mm Hg @ 25 °C			
CLORURO DE ETILO 75-00-3	líquido incoloro	12,3	-138,7	64,5	lig sol	0,8978	2,22	133,3	3,8 li 15,4 ls	-50 cc	510
CLORURO DE ISOBUTILO 513-36-0		68,5	-130,3	92,56		0,8810					

Tabla 104.96 • 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)
CLORURO DE METILENO 75-09-2	líquido incoloro	40	-95,1	84,9	lig sol	1,3266	2,9	47,4	14 li 25 ls		640
CLORURO DE METILO 74-87-3	gas incoloro; se condensa en un líquido incoloro	24,0	-97,7	50,49	sol	0,9159	2,47	475	8,1 li 17,4 ls	-46 gas infla- mable	634
1,2-DIBROMO-3-CLOROPROPANO 96-12-8	líquido incoloro en estado puro	196	5	236,36	0,1 g/100 ml	2,093 @ 14 °C	8,2	0,1		77	
DIBROMOETANO 74-95-3	líquido incoloro y transparente	97	-52,5	173,83	lig sol	2,4970	6,05	5			
DIBROMURO DE ETILENO 106-93-4	líquido denso e incoloro	131-132	9,8	187,88	0,34 g/100 ml a 20 °C; *0,404 g/ 100 g a 20 °C;	2,172 g/ml	6,5	11 mm Hg a 20 °C			
1,1-DICLOROETANO 75-34-3	líquido oleaginoso; líquido incoloro	57	-98	98,97	lig sol	1,175	3,44	24	5,6 li 11,4 ls	-6 cc	458
1,1-DICLOROPROPANO 78-99-9	líquido	88,1		112,98	insol	1,1321	3,90		3,4 li 14,5 ls	21 cc	
1,2-DICLOROPROPANO 78-87-5	líquido incoloro	96,4	-100,4	112,99	0,26 % en peso a 20 °C	1,159 a 25 °C/25 °C	3,9	50 mm Hg a 25 °C	3,4 % li 14,5% ls	21 ca	557
1,3-DICLOROPROPANO 142-28-9	líquido incoloro	120,4	-99,5	112,99	0,3 g/100 ml	1,1876	3,90	18 torr	3,4 li 14,5 ls	21 cc	
DICLORURO DE ETILENO 107-06-2	líquido oleaginoso incoloro y transparente				0,869 g/ 100 ml de agua @ 20 °C	1,2351 a 20 °C	3,42		6,2 % li 16 % ls	13 °C 18 °C ca	413
HEPTACLOR 76-44-8	blanco; sólido ceroso blanco o ligeramente tostado	135-145	95,5	373,35	insol	1,65		0,053 Pa @ 25 °C			
HEXACLOROCICLOHEXANO 608-73-1	polvo o escamas de color blanco o amarillento; polvo amorfo entre marrón y blanco		65	290,80	insol	1,87	1,85	4,2 Pa			
α-HEXACLOROCICLOHEXANO 319-84-6	polvo cristalino	288	156-161		insol	1,87		3 Pa			
β-HEXACLOROCICLOHEXANO 319-85-7	polvo cristalino	60 @ 0,50	312	290,83	insol	1,89@ 19 °C		0,7 Pa			
δ-HEXACLOROCICLOHEXANO 319-86-8	placas		141-2	290,83							
HEXACLOROETANO 67-72-1	crisales rómbicos en alcohol y éter; crisales incoloros; polvo cristalino; sólido incoloro; estructura del cristal: rómbica hasta 46 °C; triclinica a 46-71 °C	187	187	236,74	insol	2,091	8,16	53 Pa			
PENTAACLOROETANO 76-01-7	líquido incoloro	161-162	-29	202,29	insol	1,6796	7,0	3,5 mm Hg @ 25 °C			

Tabla 104.96 • 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)
TETRABROMURO DE CARBONO 558-13-4	crisales tabulares monoclinicos en alcohol diluido; crisales incoloros	189,5	90	331,63	insol	2,9609	11,4	5,33 @ 96 °C			
TETRACLOROETANO 25322-20-7	liquido incoloro denso y corrosivo	146,5	-43								
1,1,1,2-TETRACLOROETANO 630-20-6	crisales de color rojo amarillento	130,5	-70,2	167,85	lig sol	1,5406					
1,1,1,2-TETRACLOROETANO 79-34-5	liquido incoloro puro o amarillo pálido	146,5	-44	167,86	lig sol	1,5953	5,79	0,78 @ 25 °C			
TETRACLORURO DE CARBONO 56-23-5	liquido incoloro, transparente y denso	76,5	-23	153,8	insol	1,5940	5,32	12,2			
1,1,1-TRICLOROETANO 71-55-6	liquido incoloro	74,0	-30,4	133,4	lig sol	1,3376	4,63	13,3	7 li 16 ls		537
1,1,2-TRICLOROETANO 79-00-5	liquido incoloro	113,8	-36,5	133,4	insol	1,4416	4,21 g/l	2,5	6 li 15,5 ls		
1,2,3-TRICLOROPROPANO 96-18-4	liquido incoloro o pajizo	157	-14,7	147,43	lig sol	1,3889	5,1	0,267	3,2 li 12,6 ls	82	304
YODOFORMO 75-47-8	polvo o crisales amarillos; polvo o crisales pequeños, de color amarillo verdoso o lustrosos; agujas o prismas hexagonales amarillos en acetona	218	119	393,7	insol	4,008 @ 25 °C	13,6				
YODURO DE ETILO 75-03-6	liquido	72	-108	155,97	lig sol	1,9358	5,4	18,3 @ 25 °C			
YODURO DE METILO 74-88-4	liquido incoloro y transparente	42,5	-66,5	141,94	lig sol	2,28	4,9	400 mm Hg @ 25 °C			

TABLAS DE HIDROCARBUROS HALOGENADOS INSATURADOS

Tabla 104.97 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/código UN	Número CAS	Estructura química
BROMURO DE ALILO	Bromalileno; 1-bromo-2-propeno; 3-bromopropeno; 3-bromopropileno; UN1099	106-95-6	
BROMURO DE PROPARGILO	γ-bromoalileno; 1-bromo-2-propino; 3-bromopropino; 3-bromo-1-propino UN2345	106-96-7	
BROMURO DE VINILO	Bromoeteno; bromoetileno UN1085	593-60-2	
2-CLORO-1,3-BUTADIENO	Clorobutadieno; 2-clorobuta-1,3-dieno; cloropreno; b-cloropreno UN1991	126-99-8	
1-CLORO-2-METIL-1-PROPENO		513-37-1	
3-CLORO-2-METILPROPENO	γ-cloroisobutileno; 1-cloro-2-metil-2-propeno; 3-cloro-2-metil-propeno UN2554	563-47-3	
CLORURO DE ALILO	Cloralileno; 3-cloropreno; 1-cloropropeno-2; 3-cloropropeno-1; 3-cloropropeno; 1-cloro-2-propeno; a-cloropropileno; 3-cloropropileno	107-05-1	
CLORURO DE PROPARGILO		624-65-7	
CLORURO DE VINILIDENO	1,1-dicloroetileno; 1,1-dicloroeteno; CVD UN1303	75-35-4	
CLORURO DE VINILO	Cloroetileno; cloroeteno; cloroetileno UN1086	75-01-4	
DICLOROACETILENO	Dicloroetino	7572-29-4	
1,4-DICLORO-2-BUTENO	DCB; 1,4-DCB; 1,4-diclorobuteno-2	764-41-0	
cis-1,2-DICLOROETILENO	cis-Dicloroetileno; cis-1,2-dicloroetileno	156-59-2	

Tabla 104.97 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/código UN	Número CAS	Estructura química
1,2-DICLOROETILENO	Dicloruro de acetileno; <i>sim</i> -dicloroetileno; 1,2-dicloroetileno; dioformo	540-59-0	
<i>trans</i> -1,2-DICLOROETILENO	Dicloruro de <i>trans</i> -acetileno; <i>trans</i> -dicloroetileno	156-60-5	
1,2-DICLORO-2-PROPENO		78-88-6	
1,3-DICLOROPROPENO	Cloruro de α -cloroalilo; cloruro de γ -cloroalilo; cloruro de 3-cloroalilo; cloruro de 3-cloropropenilo; dicloropropeno	542-75-6	
<i>cis</i> -1,3-DICLOROPROPENO	1,3-dicloropropeno; 1,3-dicloro-1-propeno; <i>cis</i> -1,3-dicloropropileno	10061-01-5	
<i>trans</i> -1,3-DICLOROPROPENO	1,3-dicloropropeno; 1,3-dicloro-1-propeno; <i>trans</i> -1,3-dicloropropileno; 1,3-dicloro-1-propeno	10061-02-6	
HEXACLOROBUTADIENO	Dolen-pur; GP-40-66-120; HCBd; hexaclorobutadieno; 1,3-hexaclorobutadieno; 1,1,2,3,4,4-hexacloro-1,3-butadieno; 1,2,3,4,5,5-hexacloropentadieno	87-68-3	
HEXACLOROCICLOPENTADIENO	Hexacloro-1,3-ciclopentadieno; hexaclorociclopentadieno; perclorociclopentadieno UN2646	77-47-4	
HEXACLOROPROPENO		1888-71-7	
TETRACLOROETILENO	Anquilostin; Antisol 1; bicloruro de carbono; dicloruro de carbono; percleno; 127-18-4 percleno D; percloroetileno; tetracloroetileno; tetracloroeteno; 1,1,2,2-tetracloroetileno UN1897		
2,3,4-TRICLORO-1-BUTENO	2,3,4-Triclorobuteno-1	2431-50-7	
TRICLOROETILENO	Tricloruro de acetileno; algileno; Anamenth; bencinol; Blacosolv; Blancosolv; 1,1-dicloro-2-cloroetileno; tricloroeteno; 1,1,2-tricloroetileno; 1,2,2-tricloroetileno UN1710	79-01-6	

Tabla 104.98 • 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
COLORURO DE ALILO 107-05-1	ojos; piel; tract resp; pulmones; riñones; SNC	puede afectar al hígado; riñones; SNP	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, dolor de garganta, cefalea, mareo, espasmos abdominales, sensación de quemazón, vómitos, dificultad respiratoria, inconsciencia Puede absorberse, enrojecimiento, sensación de quemazón, dolor, dolor óseo intenso varias horas después del contacto Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor abdominal, sensación de quemazón, vómitos	Sis resp; piel; ojos; hígado; riñones Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, muc; edema pulm; en animales: lesiones hepáticas, renales
COLORURO DE VINILIDENO 75-35-4	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	piel; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor, inconsciencia Enrojecimiento, quemaduras en la piel Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, dolor de garganta	Ojos; piel; sis resp; SNC; hígado; riñones [en animales: tumores de hígado y riñón] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, garganta; mar, cef, náu; disn; disfunc hepática, renal; neuitis; [carc]
COLORURO DE VINILO 75-01-4	ojos; piel; SNC	hígado; vasos sanguíneos; tejido conectivo	Inhalación Piel Ojos	Mareo, sopor, cefalea, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento, dolor	Hígado; SNC; sangre; sis resp; sis linfático [cáncer de hígado] Inh; con (liq)	Deb; dolor abdom, hemorragia GI; hígado agrandado; palidez o cian en las extremidades; liq: congelación; [carc]
HEXACLOROBUTADIENO 87-68-3	ojos; piel; tract resp; riñones; glándula suprarrenal		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, embotamiento, cefalea, coma, temblores Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Náuseas, vómitos	Ojos; piel; sis resp; riñones [en animales: tumores de riñón] Inh; abs; ing; con	En animales: irrit ojos, piel, sis resp; lesiones renales; [carc]
TETRACLOROETILENO 127-18-4	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	piel; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Descoordinación, exilaración, mareo, sopor, cefalea, náuseas, debilidad, inconsciencia Sequedad de piel, enrojecimiento, quemaduras en la piel, ampollas Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal	Hígado; riñones; ojos; sis resp; SNC; piel [en animales: tumores de hígado] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz, garganta; náu; rubor de cara y cuello; vért, mar, desco; cef, somn; eri cut; lesiones hepáticas; [carc]
TRICLOROETILENO 79-01-6	ojos; piel; pulmones; SNC	piel; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor, cefalea, debilidad, inconsciencia Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal	Sis resp; corazón; hígado; riñones; SNC; piel; ojos [en animales: cáncer de hígado y riñón] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel; cef, vért; dist vis, ftg, desv, temblores, som, náu, vómit; derm; arrit card, pares; lesiones hepáticas; [carc]

Tabla 104.99 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
BROMURO DE ALILO 106-95-6			3/ 6.1
BROMURO DE PROPARGILO 106-96-7			3
BROMURO DE VINILO 593-60-2			2.1
2-CLORO-1,3-BUTADIENO 126-99-8			3/ 6.1
3-CLORO-2-METILPROPENO 563-47-3			3
CLORURO DE ALILO 107-05-1	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Puede polimerizarse al calentarse o por efecto de diferentes metales, cloruros metálicos y ácido sulfúrico, con peligro de incendio o explosión Al arder, se forman vapores tóxicos y corrosivos (cloruro de hidrógeno) Reacciona violentamente con oxidantes fuertes y metales como aluminio, magnesio y zinc, con peligro de incendio y explosión Ataca plásticos, caucho y revestimientos 	3/ 6.1
CLORURO DE VINILIDENO 75-35-4	<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 	<ul style="list-style-type: none"> Puede formar peróxidos explosivos Se polimeriza al calentarse y por efecto del oxígeno, la luz solar, el cobre o el aluminio, con peligro de incendio o explosión Puede explotar al calentarse o en contacto con llamas Se descompone al arder, produciendo fluoruro de hidrógeno Reacciona violentamente con oxidantes y cloruro de hidrógeno 	2.1
CLORURO DE VINILO 75-01-4	<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 	<ul style="list-style-type: none"> En determinadas circunstancias puede formar peróxidos, iniciando una polimerización explosiva Se polimeriza fácilmente al calentarse y por efecto del aire, de la luz solar y en contacto con catalizadores, agentes oxidantes fuertes y metales como cobre y aluminio, con peligro de incendio y explosión Se descompone al arder, liberando vapores tóxicos y corrosivos (cloruro de hidrógeno y fosgeno) 	2.1
1,1-DICLOROETENO 75-35-4	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Puede formar peróxidos fácilmente explosivos Se polimeriza al calentarse o por efecto del oxígeno, la luz solar, el cobre o el aluminio, con peligro de incendio o explosión Puede explotar al calentarse o en contacto con llamas Se descompone al arder, liberando vapores tóxicos y corrosivos (cloruro de hidrógeno, fosgeno y cloro) Reacciona violentamente con oxidantes 	3
1,2-DICLOROETILENO 540-59-0	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone liberando gases y vapores tóxicos (cloruro de hidrógeno, fosgeno y monóxido de carbono) Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión 	3
<i>cis</i> -1,2-DICLOROETILENO 156-59-2			3
<i>trans</i> -1,2-DICLOROETILENO 156-60-5			3
1,2-DICLORO-2-PROPENO 78-88-6			3
1,3-DICLOROPROPENO 542-75-6			3
<i>cis</i> -1,3-DICLOROPROPENO 10061-01-5			3
<i>trans</i> -1,3-DICLOROPROPENO 10061-02-6			3

Tabla 104.99 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
HEXACLOROBUTADIENO 87-68-3	• El vapor es más pesado que el aire	• Se descompone al arder, produciendo gases irritantes o venenosos (fosgeno)	6.1
TETRACLOROETILENO 127-18-4	• El vapor es más pesado que el aire	• En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone liberando vapores tóxicos y corrosivos (cloruro de hidrógeno, fosgeno, cloro) • Se descompone lentamente en contacto con la humedad, produciendo ácido tricloroacético y ácido clorhídrico • Reacciona con metales como aluminio, litio, bario y berilio	6.1
TRICLOROETILENO 79-01-6	• El vapor es más pesado que el aire • Pueden generarse cargas electrostáticas como consecuencia de flujo, agitación, etc.	• En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone liberando vapores tóxicos y corrosivos (fosgeno, cloruro de hidrógeno, cloro) • Se descompone en contacto con álcalis fuertes, produciendo dicloroacetileno, que aumenta el riesgo de incendio • Reacciona violentamente con metales como litio, magnesio, aluminio, titanio, bario y sodio • Se descompone lentamente por efecto de la luz en presencia de humedad, con formación de ácido clorhídrico corrosivo	6.1

Tabla 104.100 • 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)
BROMURO DE ALILO 106-95-6	líquido incoloro o amarillo claro	71,3	-119	120	insol	1,398	4,2		4,4 li 7,3 ls	-11	295
BROMURO DE PROPARGILO 106-96-7	líquido incoloro o color ámbar claro	89		118	insol	1,579 @ 18 °C			3,0 li ? ls	100 cc	328
BROMURO DE VINILO 593-60-2	gas en condiciones atmosféricas normales, líquido incoloro a presión	15,8	-139	106,96	insol	1,4933	3,7	1033 mm Hg @ 25 °C	9 li 15 ls		530
2-CLORO-1,3-BUTADIENO 126-99-8	líquido incoloro	59,4	-130	88,54	lig sol	0,9583	3,0	20 @ 26,7	2,1 li 11,5 ls	-22 ca	320
1-CLORO-2-METIL-1-PROPENO 513-37-1	líquido	68 °C @ 754 mm Hg		90,55		0,9186 @ 20 °C/4 °C					
3-CLORO-2-METILPROPENO 563-47-3	líquido incoloro o color pajizo	71,5	-12	90,55	insol	0,9165	3,1	13,53		-161 ca	
CLORURO DE ALILO 107-05-1	líquido incoloro; líquido incoloro o de color rojo o marrón amarillento	45	-134,5	76,53	insol	0,938	2,64	39,3	2,9 li 11,2 ls	-317 cc	390
CLORURO DE PROPARGILO 624-65-7	líquido	57,1	-76,9	74,51	insol	1,0297				183	
CLORURO DE VINILIDENO 75-35-4	líquido incoloro	31,7	-122,5	96,94	insol	1,2129	3,25	66,5	5,6 li 16 ls	56	570
CLORURO DE VINILO 75-01-4	gas o líquido incoloro	-13,37	-153,8	62,50	lig sol	0,9106	2,15	343	3,6 li 33,0 ls	-78 cc	472
DICLOROACETILENO 7572-29-4		32-33	-66	94,93	insol	1,261					
1,4-DICLORO-2-BUTENO 764-41-0	líquido incoloro			125	insol			20 mm Hg @ 55,5 °C	1,5 li 4,0 ls		

Tabla 104.100 • 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)
1,2-DICLOROETILENO 540-59-0	líquido incoloro	45	-81	96,95	insol	1,27	3,34	24,0-35,3	9,7 li 12,8 ls	22-39	460
<i>cis</i> -1,2-DICLOROETILENO 156-59-2	líquido incoloro	60,3	-80	96,94	lig sol	1,2837	3,54 g/l	273 mm Hg @ 30 °C	9,7 li 12,8 ls		460
<i>trans</i> -1,2-DICLOROETILENO 156-60-5		48,7	-50	96,94	lig sol	1,2565	3,67 g/l	395 mm Hg @ 30 °C	9,7 li 12,8 ls	2	460
1,2-DICLORO-2-PROPENO 78-88-6	líquido de color pajizo	94		110,97	0,0194 g/l	1,211 a 20 °C/4 °C	3,8	53 mm Hg a 25 °C	5,3 % li 14,5 % ls		
1,3-DICLOROPROPENO 542-75-6	líquido incoloro o color pajizo	108	< -50	110,98	0,15 %	1,220 @ 25 °C	3,8	3,7 Pa	2,6 li 7,8 ls		25 cc
<i>cis</i> -1,3-DICLOROPROPENO 10061-01-5	líquido incoloro	104,3		110,97	insol	1,217	1,4 @ 37,8 °C	43 mm Hg @ 25 °C	2,6 li 7,8 ls		35 ca
<i>trans</i> -1,3-DICLOROPROPENO 10061-02-6	líquido incoloro	112		110,97	insol	1,224	1,4 @ 37,8C	2,47	2,6 li 7,8 ls		35 ca
FLUORURO DE VINILIDENO 75-38-7	gas incoloro	-83	-144	64,04	insol	0,617	2,2	3600	5,5 li 21,3 ls		gas infla- mable
FLUORURO DE VINILO 72-02-5	gas incoloro	-72,2	-160,5	46,04	insol						
HEXACLOROBUTADIENO 87-68-3	líquido incoloro y transparente	215	-21	260,76	insol	1,5542	8,99	2,93 @ 100(°C)			610
HEXACLORO-1,3-CICLOPENTADIENO 77-47-4	líquido verde amarillento; líquido oleaginoso denso	239 @ 753 mm Hg	-9	272,77		1,7019 @ 25 °C/4 °C	9,4	0,080 mm Hg @ 25 °C			
HEXACLOROPROPENO 1888-71-7	líquido de color de agua	210		248,73	insol						
TETRACLOROETILENO 127-18-4	líquido incoloro	121	-22	165,83	insol	1,6227	5,7	1,9			
2,3,4-TRICLORO-1-BUTENO 2431-50-7		60		159,44	insol	1,3430					
TRICLOROETILENO 79-01-6	líquido móvil transparente, incoloro o azul	87	-73	131,40	lig sol	1,4649	4,53	7,8	8 li 10,5 ls		410

PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS ALIFATICOS INSATURADOS

HIDROCARBUROS ALIFATICOS INSATURADOS

Usos

Los hidrocarburos insaturados tienen importancia comercial como materias primas para la fabricación de numerosos productos químicos y polímeros, como plásticos, caucho y resinas. La vasta producción de la industria petroquímica se basa en la reactividad de estas sustancias.

El 1-*penteno* es un agente de mezclado para combustibles de alto octanaje de motores, y el *isopreno* se utiliza en la fabricación de caucho sintético y caucho butílico. El *propileno* se utiliza también en la fabricación de caucho sintético y en forma polimerizada como plástico de polipropileno. El *isobutileno* es un antioxidante en las industrias de alimentos y conservas. El 1-*hexeno* se utiliza en la síntesis de aromas, perfumes y colorantes. El *etileno*, el *cis-2-buteno* y el *trans-2-buteno* son disolventes, y el *propadieno* es un compuesto de gas combustible utilizado en metalisteria

El principal uso industrial del etileno es como ingrediente de materias primas que a su vez se utilizan para fabricar una gran variedad de sustancias y productos. El etileno se utiliza también en la soldadura oxietilénica, el cortado de metales y en el gas mostaza. Actúa como refrigerante, anestésico por inhalación, acelerador del crecimiento de las plantas y madurador de frutas. No obstante, las cantidades utilizadas con estos fines son más pequeñas que las utilizadas en la fabricación de otros productos químicos. Uno de los principales productos químicos derivados del etileno es el polietileno, obtenido mediante polimerización catalítica del etileno y utilizado en la fabricación de diversos productos de plástico moldeados. El óxido de etileno se produce mediante oxidación catalítica y a su vez se utiliza para preparar etilen glicol y etanolaminas. La mayor parte del alcohol etílico industrial se obtiene por hidratación de etileno. Su cloración produce monómero de cloruro de vinilo y 1,2-dicloroetano. Cuando reacciona con benceno, se obtiene monómero de estireno. También puede obtenerse acetaldehído por oxidación de etileno.

Riesgos

Riesgos para la salud

Como sus homólogos saturados, los hidrocarburos alifáticos insaturados inferiores u olefinas son asfixiantes simples, pero a medida que aumenta el peso molecular, las propiedades narcóticas e irritantes son más pronunciadas que las de sus análogos saturados. Por ejemplo, el etileno, el propileno y el amileno se han utilizado como anestésicos en cirugía, pero requieren grandes concentraciones (60 %) y por ello se administran con oxígeno. Las diolefinas son más narcóticas que las monoolefinas y también más irritantes para las mucosas y los ojos.

1,3-Butadieno. Los riesgos físicoquímicos del butadieno se deben a su alta inflamabilidad y extrema reactividad. Puesto que fácilmente se alcanza una mezcla inflamable con concentraciones de entre 2 y 11,5 % de butadieno en el aire, esta sustancia conlleva peligro de incendio y explosión cuando se expone a calor, chispas, llamas y oxidantes. Cuando se expone a aire u oxígeno, el butadieno forma rápidamente peróxidos, que pueden experimentar combustión espontánea.

A pesar de que durante muchos años la experiencia de los trabajadores expuestos a butadieno y los experimentos con seres

humanos y animales parecían indicar que este compuesto es poco tóxico, estudios epidemiológicos han demostrado que el 1,3-butadieno es un probable cancerígeno humano (Grupo 2A de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC)). La exposición a concentraciones muy altas de gas produce efectos irritantes y anestésicos. Las personas pueden tolerar concentraciones de hasta 8.000 ppm durante 8 horas sin más efectos que una leve irritación de ojos, nariz y garganta. Se ha observado que la exposición a butadieno líquido y a su gas de evaporación provoca dermatitis (y también quemaduras por congelación). Algunos casos de inhalación de concentraciones excesivas que pueden producir anestesia, parálisis respiratoria y muerte se han debido a derrames y fugas de recipientes a presión, válvulas y bombas en zonas con una ventilación inadecuada. El butadieno se comenta con más detalle en el Capítulo *Industria del caucho* de este volumen.

El isopreno, que no presenta toxicidad salvo a concentraciones muy altas, se considera también ahora un posible cancerígeno humano. Grupo 2B de la IARC.

Etileno. El principal riesgo del etileno es el de incendio y explosión. El etileno explota espontáneamente por efecto de la luz del sol en presencia de cloro y puede reaccionar vigorosamente con tetracloruro de carbono, dióxido de nitrógeno, cloruro de aluminio y sustancias oxidantes en general. Las mezclas etileno-aire arden cuando se exponen a cualquier fuente de ignición, como chispas estáticas, de fricción o eléctricas, llamas abiertas o calor excesivo. Algunas mezclas confinadas explotan violentamente como consecuencia de estas fuentes de ignición. A menudo el etileno se manipula y transporta en forma de líquido a presión. El contacto de la piel con el líquido puede causar una "quemadura por frío". En los procesos de fabricación existen pocas posibilidades de exposición a etileno, ya que tienen lugar en sistemas cerrados. La exposición puede ocurrir como resultado de fugas, derrames u otros accidentes que hacen que se libere gas al aire. Los tanques y recipientes vacíos que han contenido etileno constituyen otra fuente potencial de exposición.

En el aire, el etileno actúa principalmente como asfixiante. Las concentraciones de etileno necesarias para producir un efecto fisiológico marcado reducen el contenido de oxígeno a un nivel muy bajo e incompatible con la vida. Por ejemplo, el aire que contiene un 50 % de etileno contendrá solamente un 10 % de oxígeno.

Cuando el aire contiene aproximadamente un 11 % de oxígeno, se produce pérdida de conciencia y si dicho porcentaje desciende todavía más, se produce la muerte en el acto. No existen pruebas que indiquen que la exposición prolongada a bajas concentraciones de etileno cause efectos crónicos. La exposición prolongada a altas concentraciones puede causar efectos permanentes debido a la privación de oxígeno.

El etileno exhibe una toxicidad sistémica muy baja. Cuando se utiliza como anestésico en cirugía, se administra siempre con oxígeno. En dichos casos, su acción es la de un anestésico simple con una acción rápida y una recuperación igualmente rápida. La inhalación prolongada de aproximadamente una concentración de 85 % en oxígeno es ligeramente tóxica, provocando un descenso lento de la tensión arterial; la concentración de etileno del 94 % en oxígeno es letal.

Medidas de salud y seguridad

Con respecto a los productos químicos sin carcinogenicidad ni efectos tóxicos similares, debe mantenerse una ventilación adecuada para prevenir la exposición de los trabajadores a una

concentración que supere los límites de seguridad recomendados. Los trabajadores deben saber que algunos síntomas, como escozor de ojos, irritación respiratoria, cefalea y vértigo, pueden indicar una concentración en la atmósfera poco segura. Las bombonas de butadieno deben almacenarse boca arriba en un lugar fresco, seco y bien ventilado, alejado de fuentes de calor, llamas abiertas y chispas.

El área de almacenamiento debe estar separada de fuentes de oxígeno, cloro, otros materiales oxidantes y gases y materiales combustibles. Puesto que el butadieno es más pesado que el aire y el gas procedente de fugas se acumula en las zonas bajas, debe evitarse el almacenamiento en fosas y sótanos. Los contenedores de butadieno deben estar debidamente etiquetados, indicando claramente que se trata de un gas explosivo. Las bombonas deben estar construidas para resistir la presión y evitar las fugas y no deben sufrir golpes durante su manipulación. Estas bombonas están habitualmente provistas de una válvula de seguridad. Las bombonas no deben someterse a temperaturas superiores a 55 °C. Para detectar posibles fugas, lo mejor es empapar la zona sospechosa con una solución jabonosa, de manera que en caso de existir algún escape de gas, se formen pompas visibles; en ningún caso se utilizarán cerillas o llamas para detectar fugas.

Con respecto a los posibles o probables cancerígenos, deben adoptarse todas las precauciones adecuadas y necesarias para su manipulación.

Tanto en su fabricación como en su uso, el butadieno debe manipularse en un sistema cerrado y correctamente diseñado. Generalmente se le añaden antioxidantes e inhibidores (como *tert*-butilcatecol en una proporción aproximada del 0,02 % en peso) para prevenir la formación de polímeros y peróxidos peligrosos. La extinción de los incendios de butadieno es difícil y

peligrosa. Los pequeños incendios pueden apagarse con dióxido de carbono o extintores de incendios con productos químicos en polvo. Los grandes incendios y las áreas adyacentes deben rociarse con agua. En la medida de lo posible, los incendios deben controlarse cerrando todas las fuentes de combustible. El butadieno no requiere la realización de exámenes médicos previos al empleo ni reconocimientos periódicos de los trabajadores que lo manipulan.

Los miembros inferiores de la serie (etileno, propileno y butileno) son gases a temperatura ambiente y muy inflamables o explosivos cuando se mezclan con aire u oxígeno. El resto de los miembros son líquidos volátiles e inflamables que pueden dar lugar a concentraciones explosivas de vapor en el aire a las temperaturas normales de trabajo. En contacto con el aire, las diolefinas pueden formar peróxidos orgánicos que, si se concentran o calientan, pueden detonar violentamente. La mayor parte de las diolefinas producidas comercialmente están en general inhibidas contra la formación de peróxidos.

Debe evitarse el contacto con toda fuente de ignición. Las instalaciones y equipos eléctricos deben ser resistentes a las explosiones. Todas las salas o áreas en la que se manipule etileno deben estar debidamente ventiladas. No debe permitirse la entrada a espacios confinados que hayan contenido etileno hasta que los análisis de gases indiquen que son seguros y una persona autorizada haya firmado un permiso de acceso.

Las personas que puedan verse expuestas a etileno deben recibir una instrucción adecuada y conocer los métodos para una manipulación segura y adecuada. Debe prestarse atención al peligro de incendio, a las "quemaduras por frío" debido al contacto con el material líquido, al uso de equipos protectores y a las medidas de emergencia.

TABLAS DE HIDROCARBUROS ALIFATICOS INSATURADOS

Tabla 104.101 • Identificación química.


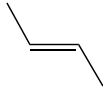


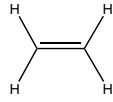

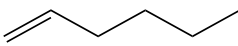
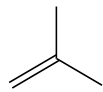
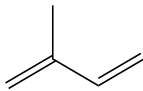
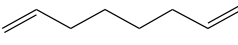
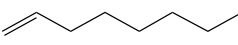
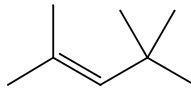
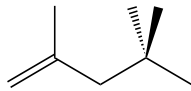
Producto químico	Sinónimo/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
1,3-BUTADIENO	Bietileno; bivinilo; buta-1,3-dieno; divinil; viniletileno	106-99-0	
2-BUTENO	β -Butileno	107-01-7	
CICLOHEXENO	Bencenotetrahidruro; hexanaftileno; tetrahidrobenceno; 1,2,3,4-tetrahidrobenceno UN2256	110-83-8	
CICLOPENTADIENO	1,3-Ciclopentadieno; pentol; piropentileno	542-92-7	
ETILENO	Aceteno; eteno UN1038 UN1962	74-85-1	
ETILIDEN NORBORNENO	5-Etilidenbicyclo(2,2,1)hept-2-eno; 5-etiliden-2-norborneno	16219-75-3	
1-HEXENO		592-41-6	
ISOBUTENO	Isobutileno; 2-metil propeno UN1055	115-11-7	
ISOPRENO	β -Metilbivinilo; 2-metilbutadieno; 2-metil-1,3-butadieno UN1218	78-79-5	
1,7-OCTADIENO		3710-30-3	
1-OCTENO		111-66-0	
2,4,4-TRIMETIL-2-PENTENO	Diisobutileno	107-40-4	
2,4,4-TRIMETIL-1-PENTENO		107-39-1	

Tabla 104.102 • 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-BUTADIENOR 106-99-0	ojos; tract resp; piel; SNC	médula ósea; higado; reproducción	Inhalación Piel Ojos	Tos; sopor, visión borrosa; náuseas, dolor de garganta, inconsciencia, parálisis respiratoria En contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento; dolor; visión borrosa	Ojos; sis resp; SNC; sis repro [cáncer hemato] Inh; con (liq)	Irrit ojos, nariz, garganta; sop; atur; liq; congelación; efectos terato, repro; [carc]
2-BUTENO 107-01-7	tract resp	piel	Inhalación Piel	Mareo, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación		
cis-2-BUTENO 590-18-1	tract resp	piel	Inhalación Piel	Mareo; inconsciencia En contacto con el líquido: congelación		
trans-2-BUTENO 624-64-6	tract resp	piel	Inhalación Piel	Mareo, inconsciencia En contacto con el líquido: congelación		
CICLOHEXADIENOR 592-57-4	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos	Tos, dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento		
CICLOHEXENO 110-83-8	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos Enrojecimiento Enrojecimiento Sopor, dificultad respiratoria, náuseas	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; sop
CICLOPENTADIENO 542-92-7	ojos; tract resp	piel	Inhalación Ojos Ingestión	Sopor Enrojecimiento, dolor Inconsciencia	Ojos; sis resp Inh; ing; con	Irrit ojos, nariz
ETILENO 74-85-1			Inhalación	Mareo, sopor, cefalea, inconsciencia		
ETILIDEN NORBORNENO 16219-75-3	ojos; piel; tract resp; pulmones	higado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Confusión, tos, cefalea, disnea, dolor de garganta Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor Náuseas, vómitos	Ojos; piel; sis resp; SNC; higado; riñones; sis urogenital; médula ósea Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; cef; tos; dis; náu, vómit; alteración del olfato y el gusto; neu química (aspir liq); en animales: lesiones hepáticas, renales y urogenitales; efectos en la médula ósea
1-HEXENO 592-41-6	mucosas; SNC		Inhalación Piel Ojos	Mareo, inconsciencia, vómitos Enrojecimiento Enrojecimiento		
ISOPRENO 78-79-5	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos	Mareo, inconsciencia, vómitos Enrojecimiento Enrojecimiento		
1,7-OCTADIENO 3710-30-3	ojos; piel; tract resp	piel; pulmones	Inhalación Piel Ojos	Confusión, mareo, sopor, cefalea, náuseas, inconsciencia Puede absorberse, enrojecimiento, quemaduras en la piel, dolor, ampollas Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves		
1-OCTENO 111-66-0	puede afectar al SNC	piel	Piel Ojos	Sequedad de piel Enrojecimiento		
2,2,4-TRIMETIL-1-PENTENO 107-39-1	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos	Confusión, mareo, sopor, embotamiento, cefalea Enrojecimiento Enrojecimiento, dolor		
2,2,4-TRIMETIL-2-PENTENO 107-40-4	piel; SNC		Piel Ojos	Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor		

Tabla 104.103 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
1,3-BUTADIENO 106-99-0	<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 • El 1,3-butadieno líquido flota y hierve en agua 	<ul style="list-style-type: none"> • En algunas circunstancias puede formar peróxidos, iniciando una polimerización explosiva • Se polimeriza por calentamiento con riesgo de incendio o explosión • Con cobre y sus aleaciones forma compuestos sensibles al impacto • Se descompone explosivamente al calentarse rápidamente bajo presión • Reacciona vigorosamente con oxidantes y muchas otras sustancias, con peligro de incendio y explosión 	2.1
2-BUTENO 107-01-7	<ul style="list-style-type: none"> • El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia • Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se polimeriza en contacto con ácidos orgánicos e inorgánicos, halógenos y sustancias halogénicas 	
<i>cis</i> -2-BUTENO 590-18-1	<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 como resultado de flujo, agitación, etc. 		
<i>trans</i> -2-BUTENO 624-64-6	<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; y puede acumularse en espacios con techos bajos causando deficiencia de oxígeno • Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 		
<i>n</i> -BUTENO 106-98-9	<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 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede polimerizarse • Puede explotar al calentarse • Reacciona violentamente con oxígeno y oxidantes, con peligro de incendio y explosión 	2.1
1,3-CICLOHEXADIENO 592-57-4	<ul style="list-style-type: none"> • El vapor es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> • En contacto con el aire puede formar peróxidos explosivos • En su combustión libera gases tóxicos • Reacciona con oxidantes fuertes con peligro de incendio y explosión 	
CICLOHEXENO 110-83-8	<ul style="list-style-type: none"> • El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia • Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede formar peróxidos explosivos • Se polimeriza en ciertas condiciones • Reacciona con oxidantes fuertes con peligro de incendio y explosión 	3
CICLOPENTADIENO 542-92-7	<ul style="list-style-type: none"> • El vapor es más pesado que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Reacciona con ácido nítrico, ácido sulfúrico y oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión • Se dimeriza espontáneamente o en contacto con peróxido o ácido tricloroacético 	
ETILENO 74-85-1	<ul style="list-style-type: none"> • El gas es más ligero que el aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Se polimeriza formando compuestos aromáticos por calentamiento a 600 °C • Reacciona violentamente con cloro a la luz natural con peligro de incendio y explosión • Reacciona con oxidantes con riesgo de explosión 	
ETILIDENO NORBORNENO 16219-75-3	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede polimerizarse • Reacciona violentamente con oxidantes fuertes 	
1-HEXENO 592-41-6	<ul style="list-style-type: none"> • El vapor 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 	<ul style="list-style-type: none"> • Reacciona vigorosamente con oxidantes 	3

Tabla 104.103 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ISOBUTENO 115-11-7	<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 como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Presumiblemente puede formar peróxidos explosivos Puede polimerizarse con riesgo de incendio o explosión Reacciona violentamente con oxidantes, cloro, flúor, óxidos de nitrógeno, cloruro de hidrógeno, bromuro de hidrógeno, con peligro de incendio y explosión Ataca algunos plásticos y el caucho natural 	2.1
ISOPRENO 78-79-5	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Puede formar rápidamente peróxidos explosivos Puede polimerizarse con peligro de incendio o explosión El calentamiento puede provocar combustión o explosión violenta Reacciona con oxidantes fuertes, reductores fuertes, ácidos fuertes, bases fuertes, cloruros ácidos, alcoholes, metales alcalinos 	3
1,7-OCTADIENO 3710-30-3	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Se polimeriza bajo la influencia de sustancias generadoras de radicales En su combustión libera vapores tóxicos e irritantes Reacciona con oxidantes 	
1-OCTENO 111-66-0	<ul style="list-style-type: none"> El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación 	<ul style="list-style-type: none"> Presumiblemente puede formar peróxidos explosivos Reacciona violentamente con oxidantes fuertes Reacciona con ácidos 	
2,4,4-TRIMETIL-1-PENTENO 107-39-1	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> En su combustión libera vapores tóxicos Al calentarse se forman vapores tóxicos Reacciona violentamente con oxidantes 	
2,4,4-TRIMETIL-2-PENTENO 107-40-4	<ul style="list-style-type: none"> El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> Al calentarse se forman vapores tóxicos Reacciona con oxidantes 	

Tabla 104.104 • 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 de vapor relativa (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Límit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
BICICLOHEPTADIENO 121-46-0		89,5	-19,1	92,13	insol	0,9064					
1,3-BUTADIENO 106-99-0	gas incoloro	-4,5	-108,9	54,09	insol	0,6211	1,87	245	2,0 li 11,5 ls	76	414
cis-2-BUTENO 590-18-1	gas incoloro	3,73	-139,3	56,10	insol	0,6213	1,94	188 @ 21 °C	1,7 li 9,0 ls		324
trans-2-BUTENO 624-64-6	gas licuado	0,8	-105	56,10		0,60	1,94	212 @ 21 °C	1,8 li 9,7 ls		324
CICLOHEXENO 110-83-8	líquido incoloro	82,98	-103,5	82,14	insol	0,8102	2,8	8,9	1,2 li 4,8 ls	-6 cc	310

Tabla 104.104 • 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 de vapor relativa (aire=1)	Pvap/ (kPa)	Limit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
CICLOPENTADIENO 542-92-7	líquido incoloro	41	-85	66,11	insol	0,8021	2,3	58,4 @ 25 °C		25 ca	640
ETILENO 74-85-1	gas incoloro	-104	-169	28,05	insol	0,465 @ 25 °C	0,978	8100 @ 15 °C	2,7 li 36,0 ls		450
ETILIDENO NORBORNENO 16219-75-3	líquido incoloro; líquido blanco	67	-80	120,21	insol	0,8958	4,1	0,61		38 ca	
1-HEXENO 592-41-6	líquido incoloro	63,35	-139,8	84,16	insol	0,6731	3,0	40 @ 38 °C	1,2 li 6,9 ls	-26	
ISOPRENO 78-79-5	líquido incoloro	34,067	-146	68,13	insol	0,681	2,4	61,8	1,5 li 8,9 ls	54 cc	427
1-OCTENO 111-66-0	líquido incoloro	121,3	-101,7	112,22	insol	0,7149	3,87	4,8 @ 38 °C	0,7 li 3,9 ls	21	230
2,4,4-TRIMETIL-1-PENTENO 107-39-1	líquido incoloro	101,4	-93,5	112,22	insol	0,7150	3,8	10 @ 38 °C	0,8 li 4,8 ls	-5	391
2,4,4-TRIMETIL-2-PENTENO 107-40-4	líquido incoloro	104,91	-106,3	112,22	insol	0,7218	3,8	11,02 @ 38 °C	0,9 li ? ls	17 ca	305

Continua ...