

## PROPIEDADES DE LAS AZIDAS

## AZIDAS

## Usos

Las azidas tienen diversos usos en las industrias de productos químicos, colorantes, plásticos, caucho y metales. Varios de estos compuestos se utilizan para el tratamiento de aguas residuales y como productos químicos intermedios, aditivos alimentarios y agentes desinfectantes en detergentes para lavavajillas y piscinas.

La *1,1'-azobis(formamida)* es un agente de soplado para el caucho sintético y natural y para los polímeros de acetato de etileno vinilo. También es útil como agente espumante y como aditivo para aumentar la porosidad de los plásticos. El *ácido tricloroisocianúrico* y el *dicloroisocianurato sódico* se utilizan como agentes desinfectantes para piscinas y como principios activos de detergentes, lejías de uso comercial y doméstico y compuestos para lavavajillas. El dicloroisocianurato sódico se utiliza también para el tratamiento del agua y de las aguas residuales.

El *ácido edético* (EDTA) tiene un gran número de funciones en las industrias alimentaria, química, textil, metalúrgica, fotográfica y sanitaria. Es un antioxidante que se añade a los alimentos. El EDTA se utiliza como agente quelante para eliminar los iones metálicos no deseados en el agua de las calderas y de refrigeración y en los procesos de niquelado y de obtención de pulpa de papel. También se emplea como decolorante en el procesado de películas en la industria fotográfica, como mordiente para los acabados metálicos y como agente de tinción en la industria textil. El EDTA se encuentra en detergentes para ropa, germicidas industriales, fluidos de corte, en la producción de semiconductores, jabones líquidos, champús, productos farmacéuticos y cosméticos. También se emplea en medicina para tratar la intoxicación por plomo.

La *fenilhidracina*, el *aminoazotolueno* y la *hidracina* se utilizan en la industria de los colorantes. La fenilhidracina se utiliza también en la preparación de productos farmacéuticos. La hidracina es un reactivo utilizado en las células de combustible para uso militar y un agente reductor en la extracción del plutonio de los residuos de los reactores. Se utiliza en procesos de niquelado, tratamiento de aguas residuales, galvanoplastia de metales sobre vidrio y plásticos, reciclaje de combustibles nucleares y como componente de combustibles de alta energía. Es un inhibidor de la corrosión en el agua de las calderas y el agua de refrigeración de los reactores. También es un producto químico intermedio y un propelente de cohetes. El *diazometano* es un potente agente metilante para los compuestos ácidos, como los ácidos carboxílicos y los fenoles.

La *azida sódica* se utiliza en la síntesis orgánica, en la fabricación de explosivos y como propelente en los airbags de los automóviles. El *ácido hidrazoico* se emplea para fabricar explosivos de contacto, como la azida de plomo.

Otras azidas, como la *metilhidracina*, el *hidrazobenceno*, la *1,1-dimetilhidracina*, el *sulfato de hidracina* y el *diazometano*, se utilizan en numerosas industrias. La metilhidracina es un disolvente, un producto químico intermedio y un propelente de misiles, mientras que el hidrazobenceno es un producto químico intermedio y un aditivo para evitar la formación de sedimentos en los aceites para motores. La 1,1-dimetilhidracina se utiliza en las formulaciones de combustibles para cohetes. Es un estabilizante de los peróxidos orgánicos añadidos a los combustibles, un absorbente de gases ácidos y un componente de los combustibles de aviones de reacción. El sulfato de hidracina se utiliza para el cálculo gravimétrico de níquel, cobalto y cadmio como oxidante en los

fundentes para soldar metales ligeros, como germicida y como agente reductor en el análisis de minerales y escorias.

## Riesgos

**Diazometano**

*Riesgo de incendio y explosión.* En estado líquido o gaseoso, el diazometano explota con llamarada y el líquido puede detonar incluso a -80 °C. Sin embargo, estas explosiones no se producen cuando el diazometano se prepara y se conserva en disolventes como el éter etílico.

*Riesgos para la salud.* Este compuesto fue descrito por primera vez en el año 1894 por Von Pechmann, quien indicó que era sumamente tóxico y que causaba axfisia y dolor torácico. Posteriormente, otros investigadores observaron síntomas de mareo y zumbidos. Se vio que la exposición cutánea al diazometano producía descamación de la piel y las mucosas y que su efecto era similar al del sulfatodimetilo. También se observó que los vapores de la solución del gas en éter eran irritantes para la piel y dejaban los dedos tan sensibles que era difícil hasta agarrar un alfiler. En 1930, la exposición de dos personas provocó dolor torácico, fiebre y síntomas asmáticos graves aproximadamente 5 horas después de la exposición a sólo trazas de este gas.

Es posible que la primera exposición al gas no produzca reacciones iniciales importantes. No obstante, las siguientes exposiciones, incluso a cantidades mínimas, pueden producir crisis asmáticas sumamente graves y otros síntomas. Los síntomas pulmonares se explicarían bien como resultado de una sensibilidad alérgica real tras la exposición reiterada al gas, especialmente en las personas con alergia hereditaria o bien como consecuencia de una potente acción irritante del gas sobre las mucosas.

Se han descrito al menos 16 casos de intoxicación aguda por diazometano, incluidas muertes por edema pulmonar, en químicos y trabajadores de laboratorio. En todos los casos, los síntomas de la intoxicación fueron tos irritativa, fiebre y malestar de intensidad variable dependiendo del grado y la duración de la exposición. En algunos casos, las exposiciones posteriores provocaron una reacción de hipersensibilidad.

En animales, la exposición a 175 ppm de diazometano durante 10 minutos produjo enfisema hemorrágico y edema pulmonar en gatos, provocando la muerte en 3 días.

*Toxicidad.* La toxicidad del diazometano se ha atribuido a la formación intracelular de formaldehído. El diazometano reacciona lentamente con el agua formando alcohol metílico y liberando nitrógeno. El formaldehído, en cambio, se forma por oxidación del alcohol metílico. Hay que tener en cuenta la posibilidad de liberación *in vivo* de alcohol metílico o de reacción del diazometano con compuestos carboxílicos para formar ésteres metílicos tóxicos; por otra parte, los efectos nocivos del diazometano pueden deberse principalmente a la fuerte acción irritante de este gas sobre el aparato respiratorio.

Se ha demostrado que el diazometano es un carcinógeno pulmonar en ratones y ratas. También se ha demostrado que la aplicación en la piel y la inyección subcutánea, así como la inhalación de este compuesto, favorecen el desarrollo de tumores en animales de experimentación. Los estudios en bacterias han demostrado efectos mutagénicos. No obstante, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) lo ha colocado en el Grupo 3, es decir, inclasificable como carcinógeno humano.

El diazometano es un insecticida eficaz para el control químico de las plagas por *Triatoma*. También resulta útil como algicida. Cuando el componente ictiotóxico de las algas verdes *Chaetomorpha minima* se metila con diazometano, se obtiene un sólido que conserva su toxicidad letal para los peces. Resulta significativo que en el metabolismo de los cancerígenos dimetilnitrosamina y circasina, uno de los productos intermedios sea el diazometano.

### **Hidracina y sus derivados**

La posibilidad de inflamación, explosión y toxicidad son los principales riesgos de las hidracinas. Por ejemplo, cuando la hidracina se mezcla con nitrometano, se forma un potente explosivo que es más peligroso que el TNT. Todas las hidracinas que se mencionan aquí tienen una presión de vapor suficientemente alta como para representar un riesgo grave para la salud por inhalación. Estos compuestos tienen un olor amoniacal, similar al del pescado, que resulta repulsivo e indica la presencia de concentraciones peligrosas en los casos de exposición accidental breve. A bajas concentraciones, como las que pueden producirse durante los procesos de producción o transporte, el olor puede no ser suficiente para impedir la exposición profesional crónica a concentraciones bajas en las personas que manipulan combustibles.

Las concentraciones moderadas o altas de vapores de hidracina son muy irritantes para los ojos, la nariz y el aparato respiratorio. Con las hidracinas utilizadas como propelentes, la irritación de la piel es importante y el contacto directo con el líquido produce quemaduras e incluso un tipo de dermatitis por sensibilización, sobre todo en el caso de la fenilhidracina. Las salpicaduras en los ojos producen una intensa irritación y la hidracina puede causar lesiones permanentes en la córnea.

Además de sus propiedades irritantes, las hidracinas también producen efectos sistémicos pronunciados sea cual sea la vía de absorción. Después de la inhalación, la absorción a través de la piel es la vía de intoxicación más importante. Todas las hidracinas son de moderadas a muy tóxicas para el sistema nervioso central y producen temblores, aumento de la excitabilidad del sistema nervioso central y, en dosis suficientemente altas, convulsiones. Estos síntomas pueden progresar hasta producir depresión, parada respiratoria y muerte. Otros efectos sistémicos producidos por las hidracinas son las alteraciones del sistema hematopoyético, el hígado y los riñones. Cada hidracina varía considerablemente en su grado de toxicidad sistémica, así como con respecto a los órganos afectados por ellas.

Los efectos hematológicos se explican por sí mismos sobre la base de una actividad hemolítica. Estos efectos dependen de la dosis y, con la única excepción de la monometilhidracina, son los más llamativos en los casos de intoxicación crónica. Con la fenilhidracina se producen alteraciones hiperplásicas de la médula ósea y también se ha observado hematopoyesis extramedular. La monometilhidracina es un potente formador de metahemoglobina y se eliminan pigmentos sanguíneos en la orina. Las alteraciones hepáticas son principalmente del tipo de degeneración grasa, que rara vez progresa a necrosis y, generalmente, son reversibles cuando se trata de las hidracinas de los propelentes. La monometilhidracina y la fenilhidracina, en dosis elevadas, pueden causar graves lesiones renales. Las lesiones del músculo cardíaco son principalmente de carácter graso. Las náuseas observadas con todas estas hidracinas son de origen central y refractarias a todo tipo de tratamiento. Los convulsivos más potentes de esta serie son la monometilhidracina y la 1,1-dimetilhidracina. La hidracina produce principalmente depresión y, con mucha menor frecuencia, convulsiones.

Todas las hidracinas parecen ejercer algún tipo de efecto oncogénico en una u otra especie de animales de laboratorio y por una u otra vía de entrada (administración con el agua de beber,

sonda gástrica o inhalación). La IARC las clasifica en el Grupo 2B, como posibles carcinógenos humanos. En los animales de laboratorio, con la excepción de un derivado que no se trata aquí, la 1,2-dimetilhidracina (o dimetilhidracina simétrica), existe una clara relación dosis-respuesta. La clasificación de estas sustancias en el grupo 2B obliga a reducir al mínimo cualquier exposición humana mediante el uso de equipos protectores adecuados y la descontaminación de derrames accidentales.

### **Fenilhidracina**

La patología debida a la fenilhidracina se ha estudiado por medio de experimentos con animales y observaciones clínicas. La información sobre los efectos de la fenilhidracina en el hombre se ha obtenido a partir del uso del clorhidrato de fenilhidracina con fines terapéuticos. Los efectos observados fueron anemia hemolítica, con hiperbilirrubinemia y urobilinuria, aparición de cuerpos de Heinz, lesiones hepáticas con hepatomegalia, ictericia y orina muy oscura por contener fenoles y también, en ocasiones, manifestaciones renales. Los efectos hematológicos fueron cianosis, anemia hemolítica con metahemoglobinemia y leucocitosis. Los síntomas generales más frecuentes fueron fatiga, vahidos, diarrea y disminución de la presión sanguínea. En un estudiante que recibió 300 g de esta sustancia en el abdomen y los muslos, se observó colapso cardíaco y coma durante varias horas. Las personas con deficiencia hereditaria de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G6PDH) son mucho más sensibles a los efectos hemolíticos de la fenilhidracina y deben evitar la exposición a esta sustancia.

En lo que se refiere a las lesiones cutáneas, se ha descrito eczema agudo con erupción vesicular y eczema crónico en las manos y los antebrazos de los trabajadores que fabrican antipirina. También se describió un caso de dermatosis vesicular con producción de flictenas en las muñecas de un auxiliar químico. La dermatosis apareció 5 ó 6 horas después de manipular el producto y tardó 2 semanas en curarse. Un ingeniero químico que manipuló esta sustancia presentó únicamente algunas pequeñas pústulas, que desaparecieron en 2 ó 3 días. Por tanto, se considera que la fenilhidracina es un potente sensibilizante cutáneo. Se absorbe muy rápidamente a través de la piel.

A la vista de los informes publicados sobre los efectos carcinogénicos de la fenilhidracina en ratones, el National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) ha recomendado que se regule como un carcinógeno humano. Varios estudios en bacterias y cultivos tisulares han demostrado que es mutagénica. La inyección intraperitoneal en hembras preñadas de ratón provocó ictericia grave, anemia y deficiencias en la conducta adquirida en las crías.

### **Azida sódica y ácido hidrazoico**

La azida sódica se obtiene combinando sodamida con óxido nitroso. Reacciona con el agua produciendo ácido hidrazoico, por lo que pueden existir vapores de ácido hidrazoico cuando se manipula la azida sódica. A escala comercial, el ácido hidrazoico se obtiene mediante reacción de un ácido con azida sódica.

La toxicidad aguda de la azida sódica parece ser ligeramente menor que la del cianuro sódico. La absorción por vía respiratoria, digestiva o percutánea puede causar la muerte. El contacto con esta sustancia produce quemaduras en la piel y los ojos. Un técnico de laboratorio ingirió accidentalmente lo que se consideró una "cantidad muy pequeña" de azida sódica y presentó síntomas de taquicardia, hiperventilación e hipotensión. Parece ser que la dosis hipotensora mínima en el hombre oscila entre 0,2 y 0,4 µg/kg.

El tratamiento de personas normales con 3,9 mg/día de azida sódica durante 10 días sólo produjo una sensación de latidos muy fuertes del corazón. Algunos pacientes hipertensos desarrollaron sensibilidad a la azida con 0,65 mg/día.

Los trabajadores expuestos a 0,5 ppm de ácido hidrazoico presentaron cefalea y congestión nasal. Tras la exposición a 3 ppm durante menos de 1 hora se describió, además, debilidad e irritación ocular y nasal. El pulso fue variable y la presión sanguínea, baja o normal. En trabajadores que fabricaban azida de plomo se describieron síntomas similares y una clara hipotensión, sobre todo durante la jornada laboral, que remitía al abandonar el lugar de trabajo.

Los estudios en animales han mostrado una disminución rápida y temporal de la tensión arterial con la administración de dosis orales únicas de 2 mg/kg o más de azida sódica. Con la administración por vía intravenosa de 1 mg/kg en gatos, se observó hematuria e irregularidades cardíacas. Los síntomas observados en animales tras la administración de dosis

relativamente altas de azida sódica fueron estimulación respiratoria y convulsiones, seguidas por depresión y muerte. La  $DL_{50}$  de la azida sódica es de 45 mg/kg en ratas y de 23 mg/kg en ratones.

La exposición a los vapores de ácido hidrazoico en roedores produce inflamación aguda del pulmón. Los vapores de ácido hidrazoico son unas ocho veces menos tóxicos que el cianuro de hidrógeno, y una concentración de 1.024 ppm produce la muerte de los ratones en 60 minutos (frente a 135 ppm en el caso del cianuro de hidrógeno).

La azida sódica es mutagénica en bacterias, aunque este efecto se reduce en presencia de enzimas metabólicas. También ha exhibido efectos mutagénicos en los estudios realizados con células de mamíferos.

TABLAS DE AZIDAS

Tabla 104.33 • Identificación química.

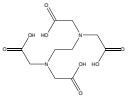
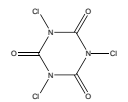
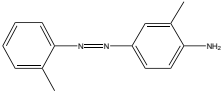
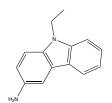
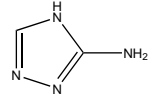
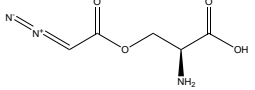
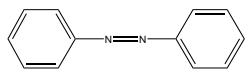
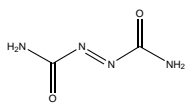
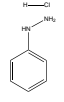
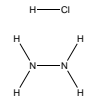
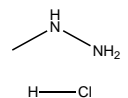
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ACIDO EDETICO	3,6-bis(carboximetil)-; N,N'-1,2-etanodilbis(N-(carboximetil)glicina); ácido 3,6-diazaoctanodioico; ácido etilenediaminetetraacético; ácido etilenediamino-N,N,N',N'-tetraacético	60-00-4	
ACIDO HIDRAZOICO	Azoimida; diazoimida; azida de hidrógeno; ácido hidronitríco	7782-79-8	$\text{H}^+$ $\text{N}^+ \equiv \text{N} \equiv \text{N}^-$
ACIDO TRICLOROISOCIANURICO	Acido tricloroisocianúrico; ácido tricloroisocianúrico; tricloroisocianurato; ácido 1,3,5-tricloroisocianúrico; 1,3,5-tricloro-2,4,6-trioxohexahidro-sim-triazina UN2468	87-90-1	
AMINOAZOTOLUENO	o-Aminoazotolueno; 2-amino-5-azotolueno; 4-amino-2',3-dimetilazobenceno; 4'-amino-2,3'-dimetilazobenceno; 2-metil-4-((2-metilfenil)azo)bencenammina; toluazotoluidina; 4-(o-tolilazo)-o-toluidina	97-56-3	
3-AMINO-9-ETILCARBAZOL	3-Amino-N-etilcarbazol	132-32-1	
3-AMINO-1,2,4-TRIAZOL	Aminotriazol; 2-aminotriazol; 3-aminotriazol; 3-amino-s-triazol; 3-amino-1,2,4-triazol; 2-amino-1,3,4-triazol; 3-amino-1h-1,2,4-triazol; Amitrol; Amitrol-t; triazolamina; 1h-1,2,4-triazol-3-amina	61-82-5	
AZASERINA	Azaserina; diazoacetato (éster) L-serina; L-diazoacetato (éster) serina	115-02-6	
AZIDA SODICA	UN1687	26628-22-8	$\text{Na}^+ \text{N}^- \equiv \text{N}^+ \equiv \text{N}^-$
AZOBENCENO	Azobencida; azobenzol; azodibencenazofume; azofume; bencenazobenceno; azodibenceno; benzofume; diazobenceno; difenildiaceno; 1,2-difenildiaceno; difenildimida	103-33-3	
1,1'-AZOBIS(FORMAMIDA)	Azobiscarboxamida; azodicarbamida; diamida del ácido azodicarboxílico	123-77-3	
CLORHIDRATO DE FENILHIDRACINA	Fenilhidracina clorhidrato; cloruro de fenilhidracinio	59-88-1	
CLORHIDRATO DE HIDRACINA	Monocloruro de hidracina; cloruro de hidracinio; monocloruro de hidracinio	2644-70-4	
CLORHIDRATO DE METILHIDRACINA		7339-53-9	

Tabla 104.33 • Identificación química.

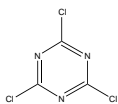


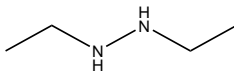
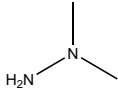
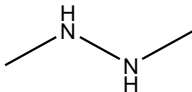

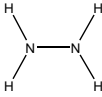
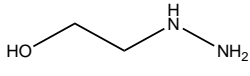

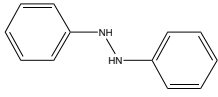
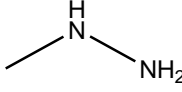

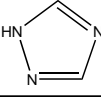
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
CLORURO CIANURICO	Clorotriacina; cianurcloruro; cloruro del ácido cianúrico; triclorocianidina; 1,3,5-triclorotriacina; 2,4,6-tricloro-1,3,5-triacina; cloruro trianógeno UN2670	108-77-0	
DIAZOMETANO	Azimetileno; diacirina; diazometano	334-88-3	
DICLOROCIANURATO SODICO	Sal sódica del ácido dicloroisocianúrico; sal sódica del ácido dicloroisocianúrico; dicloroisocianurato sódico; dicloroisocianurato sódico; sal sódica de <i>sim</i> -triacin-2,4,6(1H,3H,5H)-triona, dicloro-	2893-78-9	
1,2-DIETILHIDRACINA	N,N'-dietilhidracina; hidrazoetano; hidroazoetano	1615-80-1	
1,1-DIMETILHIDRACINA	Dimetilhidracina; N,N-dimetilhidracina UN1163	57-14-7	
1,2-DIMETILHIDRACINA	N,N'-dimetilhidracina; <i>sim</i> -dimetilhidracina; hidrazometano UN2382	540-73-8	
FENILHIDRACINA	Hidrácina-benceno; hidracinobenceno UN2572	100-63-0	
HIDRACINA	UN2029	302-01-2	
2-HIDRACINOETANOL	Hidroxietyl hidracina; β-hidroxietilhidracina; N-(2-hidroxietil)hidracina	109-84-2	
HIDRATO DE HIDRACINA	Hidrácina, monohidrato	7803-57-8	
HIDRAZOBENCENO	N,N'-difenilhidracina; <i>sim</i> -difenilhidracina; 1,2-difenilhidracina; hidracina, 1,2-difenil-	122-66-7	
METILHIDRACINA	Hidrazometano; 1-Metilhidracina; Monometilhidracina UN1244	60-34-4	
SULFATO DE HIDRACINA	Monosulfato de hidracina; sulfato de hidracinio; sulfato de hidrazonio	10034-93-2	
1,2,4-TRIAZOL	<i>sim</i> -Triazol	288-88-0	

Tabla 104.34 • 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 EDETICO 60-00-4	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos Enrojecimiento Enrojecimiento Sensación de quemazón		
AZIDA SODICA 26628-22-8	ojos; piel; tract resp; SNC	SNC; genes	Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Tos, cefalea, congestión nasal, visión borrosa, disnea, inconsciencia, disminución de la frecuencia cardiaca, disminución de la tensión arterial Enrojecimiento, ampollas Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, cefalea, náuseas, inconsciencia, sudoración	Ojos; piel; SNC; CVS; riñones Inh; abs; ing; con	Irrit ojos y piel; cef, deb, mar, visión borrosa; dis; TA baja, bradicardia; les renales
1,1'-AZOBIS(FORMAMIDA) 123-77-3	ojos; tract resp	piel; tract resp	Inhalación  Piel Ojos	Tos, cefalea, fatiga, disnea, dolor de garganta, calambres Enrojecimiento Enrojecimiento, dolor		
DIAZOMETANO 334-88-3					ojos; sis resp Inh; con (liq)	Irrit ojos; tos, dis; cef, ftg; rubor, fiebre; dolor torác, edema pulm, neuitis; asma; liq: congelación
DICLOROCIANURATO SODICO 2893-78-9	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel; pulmones	Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Tos, embotamiento, cefalea, náuseas, disnea, dolor de garganta, vómitos, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, quemaduras en la piel, dolor Enrojecimiento, dolor, pérdida de visión, quemaduras profundas graves Sensación de quemazón, tos, cefalea, dolor de garganta		
DIMETIL -p-AMINOAZOBENCENO 60-11-7					Higado; piel; vejiga; riñones; sis resp [en animales: tumores de hígado y vejiga] Inh; abs; ing; con	Hepatomegalia; disfunc hígado, riñon; derm de contacto; tos, resp sib, dis; esputos con sangre; secreciones bronquiales; micción frecuente, hema, disuria; [carc]
FENILHIDRACINA 100-63-0	ojos; piel; tract resp; sangre; riñones	piel; sangre	Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta, cianosis Puede absorberse, sequedad de piel, enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor abdominal, diarrea, náuseas, vómitos, debilidad, vértigo	Sangre; sis resp; hígado; riñones; piel [en animales: tumores en pulmones, hígado, vasos sanguíneos e intestino] Inh; abs; ing; con	Sens cutánea, anemia hemolítica, dis, cian; ict; les renales; trombosis vascular; [carc]
HIDRACINA 302-01-2	ojos; piel; tract resp; hígado; riñones; SNC	piel; hígado; riñones; SNC; genes			Ojos; piel; sis resp; SNC; hígado; riñones [en animales: tumores en pulmones, hígado, vasos sanguíneos e intestino] Inh; ing; abs; con	Irrit ojos, piel, nariz y garganta; ceguera temporal; mar, náu; derm; quemaduras en la piel y los ojos; en animales: bron, edema pulm; les hepáticas y renales; convuls; [carc]

Tabla 104.34 • 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
METILHIDRACINA 60-34-4					SNC; sis resp; hígado; sangre; CVS; ojos; piel Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; vómit, diarr, temblores, ataxia; anoxia, cian; convuls; [carc]
1,2,4-TRIAZOL 288-88-0	ojos; piel					

Tabla 104.35 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ACIDO EDETICO 60-00-4		Se descompone al calentarse, produciendo óxidos nitrosos bases fuertes, cobre, aleaciones de cobre y níquel	Reacciona con oxidantes fuertes,
ACIDO TRICLOROISOCIANURICO 87-90-1			5.1
AZIDA SODICA 26628-22-8		Puede explotar si se calienta por encima del punto de fusión, sobre todo si se calienta rápidamente, con peligro de incendio y explosión La solución en agua es una base débil Reacciona con cobre, plomo, plata, mercurio y disulfuro de carbono, formando compuestos particularmente sensibles a los impactos Reacciona con ácidos, formando azida de hidrógeno tóxica y explosiva Muy corrosiva para el aluminio	6.1
1,1'-AZOBIS(FORMAMIDA) 123-77-3		Se descompone al calentarse o al arder, liberando humos tóxicos (óxidos de nitrógeno)	
CLORHIDRATO DE FENILHIDRACINA 59-88-1			6.1
CLORHIDRATO DE METILHIDRACINA 7339-53-9			6.1/ 3/ 8
CLORURO CIANURICO 108-77-0			8
DICLOROCIANURATO SODICO 2893-78-9		Se descompone al calentarse en contacto con agua, produciendo humos tóxicos Es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores Es un potente agente reductor y reacciona con oxidantes La solución en agua es un ácido débil Reacciona violentamente con muchas sustancias, con peligro de incendio y explosión	5.1
1,1-DIMETILHIDRACINA 57-14-7	Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	Puede arder espontáneamente en contacto con el aire en presencia de agentes oxidantes Reacciona violentamente con materiales oxidantes, como el aire; los vapores son inflamables en contacto con el aire En combustión libera humos tóxicos o inflamables, como óxidos de nitrógeno, hidrógeno, amoniaco, dimetilamina y ácido hidrazoico Es un potente agente reductor y reacciona violentamente con oxidantes, como tetróxido de nitrógeno, peróxido de hidrógeno y ácido nítrico Es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva Reacciona con el oxígeno, con peligro de incendio y explosión Ataca los plásticos	3
1,2-DIMETILHIDRACINA 540-73-8			6.1/ 3
FENILHIDRACINA 100-63-0		Se descompone al calentarse o al arder, desprendiendo humos tóxicos, como óxidos de nitrógeno Reacciona con oxidantes Reacciona violentamente con dióxido de plomo	6.1
HIDRACINA 302-01-2			3/ 3/ 6.1

Tabla 104.35 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
METILHIDRACINA 60-34-4			6.1/ 3/ 8
1,2,4-TRIAZOL 288-88-0	Posibilidad de explosión polvorienta cuando se encuentra en forma de polvo o gránulos y se mezcla con el aire	Se descompone al hervir bases fuertes	Al calentarse, libera humos tóxicos Reacciona con oxidantes y

Tabla 104.36 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)
ACIDO EDETICO 60-00-4	polvo blanco cristalino		240 se descompone	292,24	0,50 g/l @ 25 °C						
ACIDO HIDRAZOICO 7782-79-8	liquido volatil e incoloro	37	-80								
ACIDO TRICLOROISOCIANURICO 87-90-1	agujas en cloruro de etileno: gránulos o polvo cristalino blanco		246,7 se descompone	232,4	sol	> 1 (sólido)					
3-AMINO-9-ETILCARBAZOL 132-32-1	compuesto cristalino		127	210,3							
AMINOAZOTOLUENO 97-56-3	cristales dorados; cristales de color marrón-rojizo o amarillo; láminas amarillas en alcohol		102	225,28	7,64 mg/l @ 25 °C			7,5x10 <sup>-7</sup> mm Hg @ 25 °C			
AZASERINA 115-02-6	cristales ortorrómbicos de color amarillo pálido ó verde en etanol al 90 %.		157	173,13	1,36x10 <sup>5</sup> mg/l @ 25 °C			1,53x10 <sup>-10</sup> mm Hg @ 25 °C.			
AZIDA SODICA 26628-22-8	sólido cristalino blanco; cristales hexagonales incoloros		275 se descompone	65,02	muy sol	1,846					
AZOBENCENO 103-33-3	laminillas de color rojo-naranja; sólido, cristales rojo-naranja; cristales amarillos o naranjas	293	68	182,22	insol en agua	1,203 @ 20 ° C/4 °C		1 mm Hg @ 103 °C			
1,1'-AZOBIS(FORMAMIDA) 123-77-3	cristales de color rojo-naranja, polvo amarillo		212 se descompone	116,08	lig sol	1,65					
CLORHIDRATO DE FENILHIDRACINA 59-88-1		sublima	243-246 se descompone	144,60	muy sol						



Tabla 104.36 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)
CLORHIDRATO DE HIDRACINA 2644-70-4	escamas cristalinas blancas	190 se des- compone	81-87		sol						
CLORURO CIANURICO 108-77-0	crisales en éter o benceno; crisales monoclinicos incoloros	190	154	184,41	insol	1,32	6,36	2 mm Hg @ 70 °C			
DIAZOMETANO 334-88-3	gas amarillo	-23	-145	42,04		1,45	1,45				
DICLOROCIANURATO SODICO 2893-78-9	polvo cristalino blanco		240-250 se descompone	- 220,96	25 g/100 ml	> 1					
1,2-DIETILHIDRACINA 1615-80-1		85,5		88,15		0,797 @ 26 °C					
1,1-DIMETILHIDRACINA 57-14-7	liquido transparente e incoloro	63,9	-58	60,1	muy sol	0,7914 @ 22 °C/4 °C	1,94	16,4	2 li 95 ls	-15 cc	249
1,2-DIMETILHIDRACINA 540-73-8	liquido transparente e incoloro	81 @ 753 mm Hg	-9	60,10	misc	0,8274		68 mm Hg @ 24,46 °C		< 23 cc	
FENILHIDRACINA 100-63-0	prismas monoclinicos o aceite; liquido aceitoso incoloro; solido o liquido incoloro o amarillo pálido	243,5	19,5	108,14	sol	1,098	3,7	0,133 @ 71,8 °C		88 cc	174
HIDRACINA 302-01-2	liquido aceitoso incoloro; crisales blancos	113	2,0	32,05	misc	1,011 @ 15 °C/4	1,1	2,1	4 li 100 ls	38 cc	270
2-HIDRACINOETANOL 109-84-2		218- 220 @ 754 mm Hg	-70	76,10	muy sol	1,119 @ 25 °C					
HIDRAZOBENCENO 122-66-7	crisales tabulares en alcohol y éter		131	184,2		1,158 @ 16 °C/4 °C		1 torr @ 103 °C			
METILHIDRACINA 60-34-4	liquido incoloro	87,5	-52,4	46,07	sol	0,874 @ 25 °C	1,6	49,6 mm Hg @ 25 °C	2,5 li 97 ls	0 ca	194
SULFATO DE HIDRACINA 10034-93-2	crisales ortorombicos; placas o prismas semejantes al vidrio; polvo cristalino blanco; crisales rómbicos incoloros		254	130,12	muy sol	1,378 @ 25 °C					
1,2,4-TRIAZOL 288-88-0	agujas	260	120-121		muy sol						

## COMPUESTOS DE BORO

*David L. Hinkamp*

### Usos

El boro y sus sales tienen diversos usos en la industria electrónica, metalúrgica, química, cerámica, textil y papelera, así como en construcción. En la industria electrónica, el *boro*, el *tribromuro de boro* y el *tricloruro de boro* se utilizan como semiconductores. El boro sirve como ignitor en los tubos de radio y como agente desgasificador en metalurgia. También se utiliza en pirotecnia. El *diborano*, el *pentaborano* y el *decaborano* se utilizan en combustibles de alta energía. El *tricloruro de boro*, el *diborano* y el *decaborano* se emplean como propulsores de cohetes y el *trietilboro* y el *boro*, como ignitores para motores de cohetes y aviones de propulsión a chorro. El  $^{10}\text{B}$  boro se emplea en la industria nuclear como componente del blindaje contra neutrones en los reactores.

En la industria metalúrgica, muchos de los boranos se utilizan en procesos de soldadura y bronceado. Otros compuestos se emplean como retardadores de llama y como decolorantes en la industria textil, papelera y de pinturas y barnices. El *óxido de boro* es un aditivo antiinflamable en pinturas y barnices y el *tetraborato sódico*, el *bórax* y el *trimetil borato* se emplean para el tratamiento ignífugo de tejidos. Tanto el *bórax* como el *tetraborato sódico* se utilizan para el tratamiento ignífugo y el envejecimiento artificial de la madera. En el sector de la construcción, son componentes de los aislantes de fibra de vidrio. El *tetraborato sódico* se utiliza también como algicida en aguas industriales y como agente en el curtido y la conservación de pieles. El *bórax* se emplea como germicida en productos de limpieza, como inhibidor de la corrosión en anticongelantes y como insecticida en polvo para el tratamiento de las grietas en las zonas donde se manipulan alimentos. El *decaborano* se utiliza para quitar el brillo al rayón y como agente antipolilla en la industria textil. El *borohidruro sódico* es un agente blanqueador para la pasta papelera.

En la industria cerámica, el *óxido bórico* y el *bórax* forman parte de los vidriados y el *tetraborato sódico* es un componente de los esmaltes y vidriados de la porcelana. El *perborato sódico* se utiliza para blanquear tejidos y en galvanoplastia. También se emplea en jabones, desodorantes, detergentes, colutorios bucales y en los colorantes para el teñido en cubas. El *trifluoruro de boro* se emplea en el envasado de alimentos, en electrónica y en los reactores nucleares que producen material fisionable.

### Riesgos para la salud

El boro es una sustancia presente en la naturaleza que se encuentra con frecuencia en los alimentos y el agua potable. En cantidades traza, es esencial para el crecimiento de las plantas y ciertos tipos de algas. A pesar de que también se encuentra en los tejidos humanos, su función se desconoce. El boro se considera generalmente una sustancia segura para utilizarse como aditivo indirecto en los alimentos (por ejemplo, durante el envasado), pero los compuestos que contienen boro pueden ser muy tóxicos. El boro está presente en una serie de compuestos útiles desde el punto de vista industrial, como los boratos, los boranos y los haluros de boro.

En el hombre, la toxicidad del boro se manifiesta principalmente tras el uso crónico de medicamentos que contienen ácido bórico y en casos de ingestión accidental, especialmente en niños de corta edad. La toxicidad de origen profesional se deriva generalmente de la exposición del aparato respiratorio o de heridas abiertas a polvos, gases o vapores de los compuestos de boro.

El contacto con casi todos estos materiales en concentraciones habituales puede producir irritación aguda de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La absorción afecta a la sangre, el tracto respiratorio y digestivo, los riñones, el hígado y el sistema nervioso central y, en casos extremos, puede originar la muerte.

El *ácido bórico* es el más común de los boratos, que son compuestos formados por boro, oxígeno y otros elementos. La exposición aguda al ácido bórico en forma líquida o sólida produce irritación, cuya gravedad dependerá de la concentración y la duración de la exposición. La inhalación de polvos o nieblas de boratos puede irritar directamente la piel, los ojos y el sistema respiratorio.

Los síntomas de esta irritación consisten en molestias oculares, sequedad de boca, dolor de garganta y tos productiva. Los trabajadores habitualmente presentan estos síntomas después de una exposición aguda a concentraciones superiores a 10 mg/m<sup>3</sup> de ácido bórico. No obstante, la exposición crónica a menos de la mitad de esta concentración también puede producir síntomas de irritación.

Los trabajadores expuestos al polvo de *bórax* (borato sódico) presentan tos productiva crónica y, en los casos de exposición prolongada, se han detectado anomalías obstructivas, aunque no está claro que estén relacionadas con la exposición.

Los boratos se absorben rápidamente a través de las heridas abiertas en la piel y por vía respiratoria y digestiva. Después de absorberse, actúan principalmente sobre la piel, el sistema nervioso central y el tracto digestivo. Los síntomas suelen aparecer en poco tiempo, aunque en el caso de la exposición cutánea pueden tardar horas en manifestarse. Tras la absorción, la piel o las mucosas pueden presentar un enrojecimiento anormal (eritema) o un desprendimiento del tejido superficial. La exposición crónica se ha asociado a eczema, caída del cabello en parches e hinchazón alrededor de los ojos. Estos efectos dermatológicos pueden tardar varios días en presentarse después de la exposición. La persona experimenta dolor abdominal, náuseas, vómitos y diarrea. Los vómitos y la diarrea pueden tener una coloración azul-verdosa y contener sangre. También pueden presentarse cefaleas, excitación o depresión, convulsiones, letargo y coma.

En los casos de intoxicación aguda, se ha observado anemia, acidosis y deshidratación, acompañados por una disminución rápida del pulso y la presión sanguínea. Estos efectos pueden ir seguidos por un ritmo cardíaco irregular, shock, insuficiencia renal y, en casos raros, lesiones hepáticas. Las víctimas aparecen pálidas, sudorosas y muy enfermas. La mayoría de estos síntomas graves se presentan justo antes de la muerte por intoxicación aguda con boratos. Sin embargo, cuando las víctimas reciben un diagnóstico y un tratamiento rápidos, los efectos son generalmente reversibles.

Los efectos de los boratos sobre la reproducción no se conocen claramente. La exposición al ácido bórico inhibe la movilidad espermática en las ratas y, a concentraciones altas, produce atrofia testicular. Los estudios de genotoxicidad en animales y tejidos han dado resultados negativos, pero se ha demostrado infertilidad en machos y hembras tras la exposición crónica a ácido bórico en los alimentos. Las crías muestran un desarrollo tardío y anormal, con un crecimiento anormal de las costillas. En cuanto al hombre, sólo existen indicios de una disminución de la fertilidad en los pocos trabajadores que han sido evaluados en estudios no controlados.

Los *trihaluros de boro* (*trifluoruro de boro*, *cloruro de boro* y *bromuro de boro*) pueden reaccionar violentamente con el agua, liberando

haluros de hidrógeno, como los ácidos clorhídrico y fluorhídrico. El trifluoruro de boro es un potente irritante de los pulmones, los ojos y la piel. Los estudios realizados en animales de experimentación han indicado que tras la exposición letal aparece insuficiencia renal y lesiones en los túbulos renales, irritación pulmonar y neumonía. La exploración de un pequeño número de trabajadores expuestos indicó una disminución de la función pulmonar, aunque no está claro que se debiera a la exposición.

Los *boranos* o *hidruros de boro* (*diborano*, *pentaborano* y *decaborano*), son compuestos sumamente reactivos que pueden explotar en

contacto con oxígeno o con agentes oxidantes. En conjunto, son potentes irritantes que pueden causar rápidamente neumonía química, edema pulmonar y otras lesiones respiratorias. Además, se ha visto que los boranos producen convulsiones y lesiones neurológicas, con déficit neurológico y síntomas psicológicos prolongados. Estos compuestos deben manipularse con extrema precaución.

Ni los experimentos de exposición crónica en animales ni los estudios de personas expuestas han podido demostrar que el boro o sus sales produzcan cáncer.

TABLAS DE COMPUESTOS DE BORO

Tabla 104.37 Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ACIDO BORICO, SAL DISODICA	Bórax anhidro; boratos, tetra, sal sódica; diborato sódico; tetraborato sódico	1330-43-4	
BORO		7440-42-8	B
DECABORANO	UN1868	17702-41-9	
DIBORANO	Boroetano; hidruro de boro; diborano; hexahidruro dibórico UN1911	19287-45-7	
ETERATO DE TRIFLUORURO DE BORO		109-63-7	
OXIDO BORICO	Anhidrido bórico; sesquióxido de boro; trióxido de boro; trióxido dibórico	1303-86-2	
PENTABORANO	UN1380	19624-22-7	
PERBORATO SODICO	Borato sódico; peroxoborato sódico	7632-04-4	
TETRABORATO SODICO DECAHIDRATO	Boratos, tetra, sal sódica, bórax decahidrato; diborato sódico; diborato sódico decahidrato; piroborato sódico; piroborato sódico decahidrato; tetraborato sódico	1303-96-4	
TETRAHIDROBORATO SODICO	Borohidruro sódico UN1426	16940-66-2	
TRIBROMURO DE BORO	Bromuro de boro UN2692	10294-33-4	
TRICLORURO DE BORO	Cloruro bórico UN1741	10294-34-5	
TRIETILBORANO	Trietilborano; trietilborino	97-94-9	

Tabla 104.37 Identificación química.

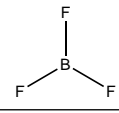
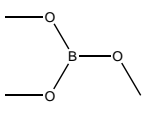
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
TRIFLUORURO DE BORO	Fluoruro bórico UN1008	7637-07-2	
TRIMETIL BORATO	Ester trimetilico del ácido bórico; metil borato; trimetoxiborino; trimetil borato UN2416	121-43-7	

Tabla 104.38 • 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
DECABORANO 17702-41-9	ojos; tract resp; SNC	SNC	Inhalación	Tos, mareo, sopor, cefalea, temblores, convulsiones, náuseas, debilidad, descoordinación, los síntomas pueden tardar en aparecer	SNC; hígado; riñones Inh; abs; ing; con	Mar, cef, náu, mar, sop; desco, espasmos musculares locales, temblores, convuls; ftg; en animales: deb; dis; les hepáticas y renales
DIBORANO 19287-45-7	ojos; piel; tract resp; pulmones	pulmones	Inhalación  Piel Ojos	Tos, mareo, dificultad respiratoria, náuseas, dolor de garganta, debilidad Congelación grave Quemaduras profundas graves	Sis resp; SNC; hígado; riñones Inh	Opr torác, dolor precordial, dis, tos no productiva, náu; cef, atur, mar, escalofríos, fiebre, ftg, deb, temblores, fascic; en animales: les hepáticas y renales; edema pulm; hemorr
OXIDO BORICO 1303-86-2	ojos; piel; tract resp	riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Espasmos abdominales, diarrea, náuseas, vómitos, shock	Ojos, piel; sis resp Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; tos; conj; erit cutáneo
PENTABORANO 19624-22-7	tract resp; SNC		Inhalación  Ingestión	Náuseas, sopor, cefalea, mareo, visión borrosa, temblores, convulsiones; los síntomas pueden tardar en aparecer Náuseas, vómitos	SNC; ojos; piel Inh; abs; ing; con	Irrit ojos y piel; mar, cef, sop, atur, desco, temblores, convuls, cambios de comportamiento; espasmos tónicos en cara, cuello, abdomen y extremidades
TETRABORATO SODICO DECAHIDRATO 1303-96-4	mucosas; ojos; hígado; riñones; SNC	piel	Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Hemorragia nasal, tos, opresión torácica, disnea, dolor de garganta Sequedad de la piel Enrojecimiento Dolor abdominal, confusión, diarrea, sopor, cefalea, náuseas, vómitos, debilidad	Ojos, piel, sis resp Inh; ing; con	Irrit ojos, piel y sis resp sup; derm; epis; tos, dis
TRIBROMURO DE BORO 10294-33-4	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos  Ingestión	Tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta Enrojecimiento, quemaduras, dolor Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves Quemaduras en la boca y el tracto gastrointestinal superior, dolor abdominal, sensación de quemazón, vómitos	Ojos, piel; sis resp Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; quemaduras en la piel y los ojos; disn, edema pulm

Tabla 104.38 • 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
TRICLORURO DE BORO 10294-34-5	ojos; piel; tracto resp.		Inhalación Piel Ojos	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, disnea, dolor de garganta Enrojecimiento, quemaduras, sensación de quemazón, dolor, ampollas Enrojecimiento, dolor, pérdida de visión		
TRIFLUORURO DE BORO 7637-07-2	ojos; piel; tract resp; pulmones	pulmones; riñones	Inhalación Piel Ojos	Corrosivo, sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria Enrojecimiento, sensación de quemazón, dolor, en contacto con el líquido: congelación Enrojecimiento, dolor, visión borrosa	Sis resp; riñones; ojos; piel Inh; con	Irrit ojos, piel, nariz, sis resp; epis; quemaduras en la piel y los ojos; en animales: neu; les renales
TRIMETIL BORATO 121-43-7	ojos; tract resp		Inhalación Ingestión	Tos, dolor de garganta Dolor abdominal, sensación de quemazón		

Tabla 104.39 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
BOROHIDRURO DE SODIO 16940-66-2			4.3
DECABORANO 17702-41-9	Posibilidad de explosión pulverulenta cuando se encuentra en forma de polvo o gránulos y se mezcla con el aire	Puede explotar si se calienta, o en contacto con el fuego calentarse hasta 300 °C, formando boro y el gas inflamable hidrógeno, y al arder, desprendiendo humos tóxicos (óxidos de boro) Reacciona con compuestos halogenados y éteres, formando materiales sensibles a los impactos La reacción con los oxidantes es explosiva Reacciona con el agua o la humedad, formando un gas inflamable (hidrógeno) Ataca el caucho natural, algunos cauchos sintéticos, algunas grasas y algunos lubricantes Arde en presencia de oxígeno a 100 °C Reacciona con amidas, acetona, butiraldehído y acetonitrilo a temperatura ambiente	4.1/ 6.1
DIBORANO 19287-45-7	El gas se mezcla con el aire y se forma fácilmente mezclas explosivas Arde espontáneamente en contacto con aire húmedo a temperatura ambiente	Se polimeriza formando pentaborano líquido Se descompone al rojo en boro e hidrógeno y, a temperaturas más bajas, en hidrógeno e hidruros de boro Reacciona espontáneamente con el cloro y forma hidruros con aluminio y litio, que pueden arder espontáneamente en contacto con el aire Es un potente agente reductor y eacciona con muchas superficies oxidables	2.3/ 2.1
ETERATO DE TRIFLUORURO DE BORO 109-63-7		Reacciona lentamente con el agua para formar ácido bórico Corrosivo para los metales en presencia de oxígeno	8/ 3
OXIDO BORICO 1303-86-2			
PENTABORANO 19624-22-7	El vapor es más pesado que el aire	Se descompone lentamente al calentarse a 150 °C, formando boro y el gas inflamable hidrógeno, y al arder, produciendo humos tóxicos (óxidos de boro) Reacciona con oxidantes y halógenos, con peligro de incendio y explosión El material con impurezas arde espontáneamente en contacto con el aire Con disolventes como cetonas, éteres y ésteres forma soluciones sensibles a los impactos	4.2/ 6.1
TETRABORATO SODICO DECAHIDRATO 1303-96-4		Se descompone al calentarse por encima de 400 °C, produciendo metaboratos débil	Es una base
TRIBROMURO DE BORO 10294-33-4	El vapor es más pesado que el aire	Puede explotar si se calienta Se descompone en contacto con el alcohol, produciendo humos tóxicos y corrosivos (bromuro de hidrógeno) La solución en agua es un ácido fuerte, reacciona violentamente con las bases y es corrosivo para metales, caucho y madera Reacciona violentamente con agua, produciendo gas de hidrógeno, con peligro de explosión	8

Tabla 104.39 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
TRICLORURO DE BORO 10294-34-5	El gas es más pesado que el aire	Reacciona violentamente con el agua Ataca muchos metales en presencia de agua	En contacto con el aire, se desprende cloruro de hidrógeno 2.3/ 8
TRIFLUORURO DE BORO 7637-07-2	El gas es más pesado que el aire	Polimeriza compuestos no saturados Reacciona violentamente con metales como sodio, potasio y calcio y con los alquil nitratos Ataca muchos metales en presencia de agua	Se descompone en contacto con el agua y la humedad, produciendo humos tóxicos y corrosivos como fluoruro de hidrógeno, ácido fluorobórico y ácido bórico 2.3/ 8
TRIMETILBORATO 121-43-7	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	En su combustión libera gases tóxicos de carbono y óxidos de boro con peligro de incendio y explosión formando metanol y ácido bórico	Reacciona con oxidantes, Reacciona con el agua, el aire húmedo y los ácidos, 3

Tabla 104.40 • 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)
ACIDO BORICO, SAL DISODICA 1330-43-4	polvo o placas similares al vidrio; cristales sueltos de color blanco; sólido gris claro	1575	741	201,3	2,56 g/100 g	2,367					
BORO 7440-42-8	polimórfico: cristales transparentes y rojos de la forma alfa rombohédrica; cristales negros de la forma beta rombohédrica; cristales opacos, negros y con un brillo metálico de forma alfa tetragonal; polvo negro o marrón oscuro de forma amorfa; otras formas cristalinas conocidas	2550	2300	10,81	insol	Amorfo, 2,3 g/cm <sup>3</sup> ; alfa rombohédrico, 2,46 g/cm <sup>3</sup> ; alfa tetragonal, 2,31 g/cm <sup>3</sup> ; beta rombohédrico, 2,35 g/cm <sup>3</sup>		1,56x10 <sup>-5</sup> @ 2140 °C			580
DECABORANO 17702-41-9	cristales blancos; cristales ortorrómbicos; agujas cristalinas blancas o incoloras	213	99,5	122,21	lig sol	sólido: 0,94 @ 25 °C; líquido: 0,78 @ 100 °C	4,2	6,65 Pa @ 25 °C		80 cc	149
DIBORANO 19287-45-7	gas incoloro	-92,5	-165	27,69	lig sol	0,210 @ 15 °C	0,96	224 mm Hg @ -112 °C	0,8 li 88 ls	gas infla- mable	40-50
ETERATO DE TRIFLUORURO DE BORO 109-63-7	líquido; incoloro	125,7	-60,4	141,94		1,3572				64 ca	

Tabla 104.40 • 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)
OXIDO BORICO 1303-86-2	crisales rómbicos; agregados semitransparentes incolores o crisales duros blancos	1860	450	69,6	2,77 g/100 g	1,8 (amorfo); 2,46 (cristalino)					
PENTABORANO 19624-22-7	liquido incoloro	60	-46,6	63,2	reacciona	0,61 @ 0 °C/4 °C	2,2	22,8	0,42 li 98 ls	30 cc	35
PERBORATO SODICO 7632-04-4	polvo blanco amorfo			81,80							
TETRABORATO SODICO DECAHIDRATO 1303-96-4	crisales monoclinicos incolores; crisales duros, gránulos o polvo cristalino; listas blancas, azuladas o blanco verdosas, opacas o vidriosas	320	75	381,4	5,92 g/100 g	1,73					
TETRAHIDROBORATO SODICO 16940-66-2	crisales cúbicos blancos; polvo microcristalino o agregados blancos o blanco-grisáceos	se descompone lentamente a 400 y rápidamente a 500	36	37,8	muy sol	1,07					
TRIBROMURO DE BORO 10294-33-4	liquido incoloro	90	-46,0	250,57	reacciona	2,6431 @ 18,4 °C/4 °C	8,6	5,3 @ 14 °C			
TRICLORURO DE BORO 10294-34-5		12,5	-107	117,16		1,35 @ 12 °C/4	4,03	2,99 Pa @ 12,4 °C			
TRIETILBORANO 97-94-9	liquido incoloro	95-96	-92,9	98,00		0,6961 mm Hg @ 23 °C					
TRIFLUORURO DE BORO 7637-07-2	gas incoloro	-99,9	-126,8	67,82	reacciona	3,08 g/1,57 l @ 4 °C	2,4	10 mm Hg @ -141 °C. (sólido); 760 mm Hg 110,7 °C (liquido)			
TRIMETILBORATO 121-43-7	liquido color de agua	67-68	-29,3	103,9	reacciona	0,91	3,6	137 mm Hg @ 25 °C		< 27 cc	



## PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS DE CIANO

## COMPUESTOS DE CIANO

Esta clase de compuestos se caracteriza por la presencia de un grupo  $C\equiv N$  (ciano) e incluye a los cianuros, los nitrilos ( $R-C\equiv N$ ) y sustancias químicas relacionadas, como los cianógenos, isocianatos y cianamidas. La toxicidad de este grupo se debe principalmente al ión cianuro que, cuando se libera en el organismo, es capaz de inhibir a muchas enzimas y, en especial, a la citocromo oxidasa. La muerte, más o menos rápida dependiendo de la velocidad a la que se libere el ión cianuro, se produce como resultado de asfixia química a nivel celular.

## Cianuros inorgánicos

Los cianuros inorgánicos se hidrolizan rápidamente en presencia de agua y se descomponen por acción del dióxido de carbono y los ácidos minerales, formando cianuro de hidrógeno, que también es producido por algunas bacterias. El cianuro de hidrógeno se produce durante la fabricación del coque y el acero y puede generarse también en incendios en los que se quema espuma de poliuretano (por ejemplo, al arder muebles, tabiques, etc.). También puede generarse accidentalmente por la acción de ácidos sobre residuos que contengan cianuro (el lactonitrilo forma ácido cianhídrico en contacto con álcalis, por ejemplo), o intencionadamente, como en las cámaras de gas utilizadas para aplicar la pena capital, en las que se introducen pastillas de cianuro en recipientes con ácido para crear una atmósfera letal.

## Nitrilos

Los nitrilos (también llamados cianuros orgánicos) son cianuros orgánicos que contienen un grupo ciano ( $-C\equiv N$ ) como característica funcional y la fórmula general RCN. Pueden considerarse como derivados de hidrocarburos mediante sustitución de tres átomos de hidrógeno unidos a un carbono primario por un grupo nitrilo, o como derivados de ácidos carboxílicos ( $R-COOH$ ) mediante sustitución de los radicales oxo e hidroxilo por un grupo nitrilo ( $R-C\equiv N$ ). La hidrólisis de un nitrilo produce un ácido que contiene el mismo número de átomos de carbono y que, en consecuencia, suele designarse por analogía con el ácido, más que como derivado de un cianuro de hidrógeno. Estos compuestos son muy peligrosos cuando se calientan hasta la descomposición, ya que liberan cianuro de hidrógeno.

Los nitrilos alifáticos saturados hasta el  $C_{14}$  son líquidos que desprenden un olor bastante agradable, parecido al de los éteres. Los nitrilos de  $C_{14}$  o más son sólidos inodoros y, en general, incoloros. La mayoría de los nitrilos hierven sin descomponerse a temperaturas inferiores a las de los ácidos correspondientes. Son muy reactivos y se utilizan ampliamente como productos intermedios en síntesis orgánicas y como materiales de partida para la síntesis de distintos ácidos grasos, productos farmacéuticos, vitaminas, resinas sintética, plásticos y colorantes.

## Usos

Los compuestos inorgánicos de cianuro tienen diversos usos en la industria química, en metalúrgica y en la fabricación de plásticos y caucho. Se utilizan como productos químicos intermedios, pesticidas, limpiadores de metales y agentes para extraer oro y plata de los minerales.

El *acrilonitrilo* (cianuro de vinilo, cianoetileno, propenitrilo), un líquido incoloro inflamable y explosivo, se encuentra en revestimientos de superficie y adhesivos y se utiliza como producto químico intermedio en la síntesis de antioxidantes, productos farmacéuticos, pesticidas, colorantes y agentes tensoactivos.

La *cianamida cálcica* (nitrolim, carbamida cálcica, cianamida) es un polvo gris-negruzco brillante que se utiliza en agricultura como fertilizante, herbicida y pesticida y como desfoliador en las plantaciones de algodón. También se utiliza en el endurecimiento del acero y como agente desulfurante en la industria del hierro y el acero. Asimismo, se emplea en la fabricación de cianuro cálcico y diciandiamida, el material de partida para la producción de melamina.

El *cianógeno*, el *bromuro de cianógeno* y el *cloruro de cianógeno* se utilizan en síntesis orgánicas. El cianógeno se emplea también como fumigante y como gas combustible para la soldadura y corte de metales resistentes al calor. También se utiliza como propelente de cohetes y misiles, mezclado con ozono o fluoruros, y puede estar presente en los gases de los altos hornos. El bromuro de cianógeno se utiliza para el tratamiento de tejidos, como fumigante y pesticida y en los procesos de extracción del oro. El cloruro cianógeno se utiliza como agente avisador en los gases fumigantes.

El *cianuro de hidrógeno* se emplea en la fabricación de fibras sintéticas y plásticos, en agentes para el pulido de metales, en soluciones de galvanoplastia, en los procesos metalúrgicos y fotográficos y en la producción de sales de cianuro. El *cianuro sódico* y el *cianuro potásico* se utilizan en galvanoplastia, en el endurecimiento del acero, en la extracción de oro y plata de los minerales y en la fabricación de colorantes y pigmentos. Además, el cianuro sódico se utiliza como agente en la separación de minerales por el método de flotación por espuma.

El *ferricianuro potásico* (rojo prusia de potasa) se utiliza en fotografía y para copias al ferropusado, como atemperante de metales, en galvanoplastia y en la fabricación de pigmentos. El *ferrocianuro potásico* (amarillo prusia de potasa) se utiliza para la atemperación del acero, en los procesos de grabado, en la fabricación de pigmentos y como reactivo químico.

El *cianuro cálcico*, el *malonitrilo*, la *cianhidrina de acetona* (2-hidroxi-2-metil-propionitrilo), la *cianamida* y el *acrilonitrilo* son compuestos utilizados en las industrias química, metalúrgica, de los plásticos y del caucho. El cianuro cálcico y el malonitrilo se utilizan en la lixiviación del oro. Además, el cianuro cálcico se emplea como fumigante, pesticida, estabilizador del cemento y en la fabricación de acero inoxidable. La cianhidrina de acetona es un agente complejante que se utiliza en el refinado y la separación de metales. La cianamida se utiliza en limpiadores de metales, en el refinado de minerales y en la producción de caucho sintético. El *tiocianato de amonio* se utiliza en la fabricación de cerillas, en la industria fotográfica, para la doble tinción de tejidos y para aumentar la resistencia de las sedas junto con sales de estaño. También se emplea como estabilizante de pegamentos, como trazador en yacimientos petrolíferos y como componente de pesticidas y propelentes líquidos para cohetes. El *cianuro potásico* se utiliza como producto químico intermedio y como herbicida.

Algunos de los nitrilos orgánicos más importantes desde el punto de vista industria son: acrilonitrilo (vinilcianamida, cianoetileno, propenitrilo), acetonitrilo (metilcianamida, etanonitrilo, cianometano), cianhidrina de etileno, propionitrilo (cianuro de etilo), lactonitrilo, el glicolonitrilo (cianhidrina de formaldehído, hidroxiacetonitrilo, hidroximetilcianuro, cianhidrina de metileno), 2-metil-lactonitrilo y adiponitrilo.

## Riesgos

La toxicidad de los compuestos de cianuro depende del grado en que liberen ión cianuro. La exposición aguda puede causar la muerte por asfixia, como resultado de la exposición a concentra-

ciones letales de cianuro de hidrógeno (HCN), ya sea por inhalación, ingestión o absorción percutánea, aunque en este último caso la dosis requerida es mayor. La exposición crónica a concentraciones más bajas de cianuros no produce complicaciones clínicas serias, pero puede causar una serie de problemas. En los trabajadores de la industria de la galvanoplastia se ha observado dermatitis, acompañada con frecuencia de reacciones pruriginosas, eruptivas y papulosas, además de una intensa irritación de la nariz, con tendencia a la obstrucción, hemorragias, escaras y, en ocasiones, perforación del tabique nasal. En los fumigadores, la intoxicación leve por cianuros produce síntomas de déficit de oxígeno, dolor de cabeza, aceleración del pulso y náuseas, que remiten completamente al cesar la exposición.

La intoxicación sistémica crónica por cianuros puede existir, pero es difícil de detectar debido al comienzo gradual del malestar y a la aparición de síntomas que pueden corresponder a otras patologías. Se ha sugerido que el exceso de tiocianato en el líquido extracelular podría explicar las afecciones crónicas debidas al cianuro, ya que los síntomas descritos son similares a los observados cuando se utilizaba el tiocianato como medicamento. Se han descrito síntomas de enfermedad crónica en trabajadores de galvanoplastia y bruñido de plata después de varios años de exposición. Los síntomas más llamativos fueron: debilidad motora de las extremidades, cefalea y trastornos tiroideos. Todos estos síntomas aparecen también como complicaciones del tratamiento con tiocianato.

## Toxicidad

### Cianuros

El ión cianuro de los compuestos solubles de cianuro es absorbido rápidamente por todas las vías de entrada al organismo: inhalación, ingestión o absorción percutánea. Las propiedades tóxicas de estos compuestos se deben a su capacidad de formar complejos con iones de metales pesados que inhiben las enzimas necesarias para la respiración celular, en especial la citocromo oxidasa. De esta forma se impide la captación de oxígeno por parte de los tejidos y se produce la muerte por asfixia. La sangre retiene el oxígeno, lo que explica el color rojo cereza característico de las víctimas de la intoxicación aguda por cianuros. El cianuro se combina, aproximadamente, con el 2 % de la metahemoglobina presente en condiciones normales, hecho que ha contribuido al desarrollo del tratamiento de las intoxicaciones por cianuro.

Si la dosis inicial no es mortal, parte de ella se exhala sin modificar, mientras que la rodanasa, una enzima ampliamente distribuida en el organismo, convierte el resto a tiocianato, un ión mucho menos nocivo, que permanece en los líquidos extracelulares del organismo hasta que finalmente se excreta en la orina. Los niveles de tiocianato en la orina se han utilizado para medir el grado de intoxicación, pero no son específicos y se encuentran elevados en los fumadores. Debido a la afinidad del ión tiocianato por el yodo, también pueden existir efectos sobre la función tiroidea.

Los efectos biológicos de los compuestos de este grupo son variables. En concentraciones bajas, el cianuro de hidrógeno (ácido cianhídrico o prúsico) y los compuestos de cianuro halogenados (como el cloruro y el bromuro de cianógeno) en forma de vapor son irritantes para los ojos y el tracto respiratorio. Los efectos respiratorios, como el edema pulmonar, pueden tardar en manifestarse. Los efectos sistémicos consisten en: debilidad, cefalea, confusión, náuseas y vómitos. En los casos leves, la presión sanguínea permanece normal a pesar de que el pulso se acelera. La frecuencia respiratoria depende de la intensidad de la exposición, siendo más rápida en las exposiciones leves y más lenta y entrecortada en las exposiciones graves.

### Nitrilos

La toxicidad de los nitrilos varía considerablemente según la estructura molecular, pudiendo ser comparativamente no tóxicos (como los nitrilos de ácidos grasos saturados) o sumamente tóxicos, como los  $\alpha$ -aminonitrilos y las  $\alpha$ -cianhidridinas, que se consideran tan tóxicas como el mismo ácido cianhídrico. Los nitrilos halogenados son muy tóxicos e irritantes y producen un intenso lagrimeo. Los nitrilos, como el acrilonitrilo, el propionitrilo y el fumaronitrilo, son tóxicos y pueden causar dermatitis graves y dolorosas cuando la piel se expone a ellos.

La exposición a nitrilos tóxicos puede ocasionar rápidamente la muerte por asfixia de forma similar a la resultante de la exposición al cianuro de hidrógeno. La personas que han sobrevivido a una exposición a concentraciones elevadas de nitrilos no muestran indicios de efectos fisiológicos residuales tras la recuperación del episodio agudo, lo que ha llevado a pensar que tras la exposición a los nitrilos, la persona sucumbe o se recupera completamente.

Los trabajadores que puedan verse expuestos a nitrilos deben mantenerse bajo vigilancia médica y someterse a reconocimientos previos al empleo y a exámenes periódicos orientados a detectar posibles trastornos de la piel, de los aparatos cardiovascular y pulmonar y del sistema nervioso central. Cualquier antecedente de desvanecimientos o trastornos convulsivos pueden suponer un riesgo adicional para las personas que trabajan con nitrilos.

Todos los nitrilos deberán manejarse en condiciones rigurosamente controladas y sólo por personas debidamente adiestradas que conozcan las técnicas de manipulación en condiciones adecuadas de seguridad. No se utilizará el cuero como material para las prendas protectoras, los guantes y el calzado, ya que el acrilonitrilo y otros compuestos similares pueden atravesarlo. Los equipos protectores de goma deberán lavarse e inspeccionarse con frecuencia para detectar posibles deterioros. Asimismo, deberá utilizarse protección ocular y equipo de protección respiratoria y, en caso de salpicaduras, se procederá a un lavado inmediato y cuidadoso.

*Acrlonitrilo.* El acrilonitrilo produce asfixia química, al igual que el cianuro de hidrógeno. Irrita la piel y las mucosas, y puede causar lesiones graves en la córnea si no se lavan los ojos rápidamente con agua abundante. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado esta sustancia como un carcinógeno del Grupo 2A (probable carcinógeno humano) basándose en pruebas limitadas de carcinogenicidad en el hombre y pruebas suficientes de carcinogenicidad en animales.

El acrilonitrilo se puede absorber por inhalación o por vía percutánea. En los casos de exposición gradual, las víctimas muestran niveles significativos de cianuro en la sangre ya antes de que aparezcan los síntomas. Estos síntomas se producen por anoxia de los tejidos y consisten, en orden aproximado de aparición, en: debilidad de las extremidades, disnea, sensación de quemazón en la garganta, mareo, confusión mental, cianosis y náuseas. En los últimos estadios puede producirse colapso, respiración irregular, convulsiones y parada cardíaca súbita. Algunos pacientes padecen histeria o se muestran agresivos, pudiendo indicar este tipo de alteraciones de la conducta una intoxicación por acrilonitrilo.

La irritación de la piel por contacto reiterado o prolongado con acrilonitrilo puede tardar varias horas en aparecer. Debido a que esta sustancia atraviesa fácilmente el cuero y las prendas de vestir, puede causar ampollas a menos que las prendas contaminadas se retiren rápidamente y se lave la zona de piel en contacto con estas prendas. Las ropas de goma debe inspeccionarse y lavarse con frecuencia, debido a que se ablandan y se hinchan.

El acrilonitrilo comporta un riesgo considerable de incendio y explosión. El bajo punto de ignición de esta sustancia determina

la posibilidad de que se produzcan vapores suficientes a temperaturas normales como para formar una mezcla inflamable con el aire. El acrilonitrilo se polimeriza espontáneamente por efecto de la luz solar o el calor, pudiendo causar una explosión, incluso aunque se mantenga en envases cerrados. Por ello, nunca debe almacenarse sin haber sido inhibido. El peligro de incendio y explosión se intensifica por la naturaleza letal de los humos y vapores emitidos, como amoníaco y cianuro de hidrógeno.

**Cianamida cálcica.** La cianamida cálcica se encuentra principalmente en forma de polvo. Su inhalación provoca rinitis, faringitis, laringitis y bronquitis. En casos de exposición prolongada se ha descrito perforación del tabique nasal. En los ojos puede producir conjuntivitis, queratitis y ulceraciones de la córnea. En la piel causa dermatitis pruriginosa que, después de cierto tiempo, puede derivar en úlceras de cicatrización lenta en las palmas de la mano y en los espacios interdigitales. También puede producir sensibilización de la piel.

Su efecto sistémico más significativo es una reacción motora característica con eritema difuso del cuerpo, la cara y los brazos, que puede ir acompañada de fatiga, náuseas, vómitos, diarrea, mareo y sensación de frío. En los casos más graves, estos síntomas pueden ir seguidos de un colapso respiratorio. El consumo de alcohol desencadena o potencia esta reacción vasomotora.

Además de un sistema adecuado de extracción de aire y el uso de equipos de protección personal, los trabajadores deben aplicarse una crema protectora resistente al agua sobre la cara y la piel expuesta. También es muy importante una buena higiene personal, con ducha y cambio de ropa después de cada turno.

**Cianatos.** Algunos de los cianatos más importantes que se utilizan en la industria son los de sodio, potasio, amonio, plomo y plata. Los cianatos de elementos tales como bario, boro, cadmio, cobalto, cobre, silicio, azufre y tallo pueden prepararse por medio de reacciones entre soluciones de un cianato y la sal metálica correspondiente. Estos cianatos son peligrosos porque liberan cianuro de hidrógeno cuando se calientan hasta la descomposición o cuando entran en contacto con ácidos o vapores de ácidos. El personal que manipule estos materiales debe contar con la protección respiratoria y cutánea adecuada.

El cianato sódico se utiliza en síntesis orgánicas, en el tratamiento térmico del acero y como intermedio en la fabricación de productos farmacéuticos. Se considera moderadamente tóxico y los trabajadores deben protegerse contra la inhalación de polvo y la contaminación de la piel.

La toxicidad de los compuestos de cianato es variable y, por consiguiente, deben ser manejados en condiciones seguras, adoptando procedimientos normalizados de trabajo que protejan al personal de la exposición. Cuando se calientan hasta la descomposición o cuando entran en contacto con ácidos o vapores ácidos, emiten gases muy tóxicos. Deberá existir una ventilación adecuada y se vigilará estrechamente la calidad del aire en el lugar de trabajo. El personal no debe inhalar aire contaminado y debe evitarse el contacto de la piel con estas sustancias. Una buena higiene personal es indispensable para las personas que trabajen en las zonas donde se manipulan estos compuestos.

### Medidas de salud y seguridad

Se debe prestar una atención escrupulosa a la ventilación. Se recomienda que los procesos se lleven a cabo completamente en cerrado, con un sistema adicional de extracción de gases. Deben colocarse señales de advertencia cerca de los accesos a las zonas en las que pueda liberarse cianuro de hidrógeno al aire. Todos los envases utilizados para el transporte y el almacenamiento de cianuro de hidrógeno o de sales de cianuro deberán llevar una etiqueta de advertencia con instrucciones de primeros auxilios, se

almacenarán en áreas bien ventiladas y se manipularán con extremo cuidado.

Las personas que trabajen con sales de cianuro deben conocer perfectamente los riesgos. Deben recibir la formación necesaria para reconocer el olor característico del cianuro de hidrógeno y, en caso de detectarlo, se procederá inmediatamente a evacuar el área de trabajo. Los trabajadores que entren en un área contaminada deben contar con respiradores autónomos o provistos de suministro de aire y cartuchos específicos para cianuros, gafas o máscaras faciales completas y ropa protectora impermeable.

Las personas que trabajen con acrilonitrilo deberán adoptar las precauciones habituales para la manipulación de carcinógenos y líquidos muy inflamables. Asimismo, se adoptarán las medidas necesarias para eliminar el riesgo de ignición por fuentes como equipos eléctricos, electricidad estática y fricción. Debido a la naturaleza tóxica e inflamable de los vapores de esta sustancia, deberán tomarse medidas para evitar el escape de vapores al aire del lugar de trabajo, mediante el confinamiento de los procesos y la instalación de un sistema de extracción de aire. Será necesario controlar de forma continua el aire del lugar de trabajo para comprobar la eficacia de los sistemas de control. Cuando exista posibilidad de exposición en el curso de una operación normal, pero no rutinaria, como el recambio de una bomba, se utilizarán sistema de protección respiratoria, preferiblemente del tipo de presión positiva, y ropa protectora impermeable. No debe utilizarse el cuero como material para los equipos protectores, ya que el acrilonitrilo lo atraviesa fácilmente. Los equipos de goma o de otros materiales deberán inspeccionarse y lavarse con frecuencia.

Los trabajadores que manipulen acrilonitrilo deben recibir la formación necesaria sobre los riesgos químicos y sobre las actividades de rescate, descontaminación, primeros auxilios y administración de nitrato de amilo. En los casos de emergencia se requerirá asistencia médica experimentada. El principal requisito es contar con un sistema de alarma y con personal que haya sido entrenado debidamente para que pueda colaborar con los profesionales sanitarios. Deberán existir suministros de antídotos específicos tanto en la propia planta como en los centros hospitalarios cercanos.

La vigilancia médica de los trabajadores potencialmente expuestos a cianuros debe centrarse en los aparatos respiratorio y cardiovascular, en el sistema nervioso central, en la función hepática, renal y tiroidea, en el estado de la piel y en los antecedentes de desvanecimiento o mareos. Los trabajadores con enfermedades crónicas renales, del tracto respiratorio, de la piel o de tiroides, tienen un riesgo mayor de desarrollar los efectos tóxicos de los cianuros que los trabajadores sanos.

El control médico exige una formación adecuada en técnicas de reanimación artificial y el uso de fármacos para el tratamiento de urgencia de la intoxicación aguda (por ejemplo, la inhalación de nitrato de amilo). La ropa, los guantes y el calzado contaminados deberán quitarse lo antes posible y lavar la piel para evitar que la absorción continúe. Deberán existir equipos de primeros auxilios, con fármacos y jeringas, en lugares accesibles y adecuados y se deberá comprobar su contenido con frecuencia.

Desafortunadamente, algunos manuales ampliamente distribuidos sugieren el uso de azul de metileno en las intoxicaciones por cianuros debido a que, a ciertas concentraciones, forma metahemoglobina, pudiendo ésta, gracias a su afinidad por el ión cianuro, reducir su efecto tóxico. Sin embargo, no se recomienda el uso de azul de metileno ya que, a otras concentraciones, produce el efecto contrario, es decir, convierte la metahemoglobina en hemoglobina, y en las situaciones de emergencia que constituyen las intoxicaciones por cianuro no se dispone de tiempo para realizar los análisis necesarios para determinar su concentración.

**Tratamiento**

Las personas expuestas a niveles tóxicos de nitrilos deben llevarse inmediatamente a un área segura y hacerlas inhalar nitrato de amilo. Cualquier indicio de problemas respiratorios exigirá la inhalación de oxígeno y, en algunos casos, reanimación cardiopulmonar. La víctima deberá ser despojada de toda la ropa contaminada y las zonas de piel expuestas se lavarán con agua

abundante. En caso de lagrimeo o irritación de la conjuntiva, se recomienda lavar extensamente los ojos con soluciones neutras o agua. Deberá solicitarse inmediatamente la presencia de médicos, enfermeras o personal sanitario de urgencia para que administren a la víctima un tratamiento definitivo y la mantengan bajo estrecha vigilancia hasta su recuperación completa.

TABLAS DE COMPUESTOS DE CIANO

Tabla 104.41 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ACETONITRILLO	Etanonitrilo; etilnitrilo; metanocarbonitrilo; cianuro de metilo UN1648	75-05-8	
ACIDO ISOCIANURICO	Acido cianúrico; ácido tricánico; trihidroxicianidina; 2,4,6-trihidroxi-1,3,5-triacina	108-80-5	
ACRILONITRILLO	Cianoetileno, propenonitrilo; 2-propenonitrilo; cianuro de vinilo UN1093	107-13-1	
ADIPONITRILLO	Dinitrilo del ácido adipico; nitrilo del ácido adipico; 1,4-dicianobutano; hexanodinitrilo; cianuro de tetrametileno UN2205	111-69-3	
BENZONITRILLO	Bencenonitrilo; nitrilo del ácido benzoico; cianobenceno; fenilcianuro UN2224	100-47-0	
BROMURO CIANOGENO	Cianuro de bromo; bromociano; bromocianuro; cianobromuro; monobromuro cianógeno UN1889	506-68-3	
BUTIRONITRILLO	Butanonitrilo; nitrilo del ácido butírico; N-butironitrilo; 1-cianopropano; propilcianuro UN2411	109-74-0	
CIANAMIDA	Carbamonitrilo; carbimida; cianoamina; N-cianoamina; cianogenamida; nitruo de cianógeno; cianamida de hidrógeno	420-04-2	
CIANAMIDA CALCICA	Carbimida cálcica; cianamida cálcica; cianamida UN1403	156-62-7	
CIANATO POTASICO		590-28-3	
CIANOGENO	Nitruo de carbono; etanodinitrilo; nitriloacetoneitrilo; dinitrilo del ácido oxálico UN1026	460-19-5	
CIANURO	Acido cianhídrico, ion(1-); isocianuro UN1935	57-12-5	C. ° N
CIANURO CALCICO	Cianuro cálcico; calcian; calcianuro; cianogas UN1575	592-01-8	

Tabla 104.41 • Identificación química.


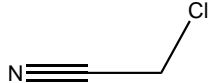
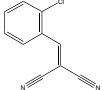

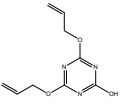
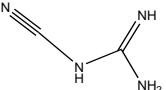
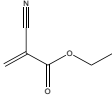


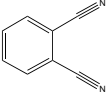
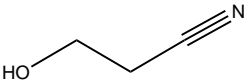
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
CIANURO DE HIDROGENO	Hidruro nitruro de carbono; ácido cianhídrico UN1051 UN1613 UN1614	74-90-8	$^{\circ}N$
CIANURO POTASICO	Sal potásica del ácido cianhídrico UN1680	151-50-80	$N^{\circ}C \cdot K^{+}$
CIANURO SODICO	Sal sódica del ácido cianhídrico UN1689	143-33-9	$N^{\circ}C \cdot Na^{+}$
CIANURO DE YODO	Yoduro cianógeno; yodociano	506-78-5	
CLOROACETONITRILLO	2-Cloroacetnitrilo; clorometilcianuro; monocloroacetnitrilo; monoclorometilcianuro UN2668	107-14-2	
$\alpha$ -CLOROBENCILIDEN MALONONITRILLO	2-clorobenzalmalononitrilo; 2-clorobenciliden malononitrilo; propanodinitrilo de ((2-clorofenil)metileno)	2698-41-1	
CLORURO CIANOGENO	Cianuro de cloro; clorociano; clorocianuro; clorocianógeno UN1589	506-77-4	
DIALILCIANURATO		1081-69-2	
DICIANODIAMIDA	Cianoguanidina; diciandiamida	461-58-5	
ETIL-2- CIANURATO	ACE-E 50; ACE-EE; ácido acrílico; adhesivo 502; Aron alfa D; negro max; cianoacrilato de etilo; alfa-cianoacrilato de etilo; 2-ciano-2-propenoato de etilo; Super glue	7085-85-0	
FENILACETONITRILLO	Bencenoacetnitrilo (9CI); cianuro de bencilo; bencilnitrilo; cianometilbenceno; $\alpha$ -cianotolueno; $o$ -cianotolueno; fenilacetnitrilo líquido; 2-fenilacetnitrilo; nitrilo del ácido fenílico; $\alpha$ -cianotolueno; $\alpha$ -tolunitrilo UN2470	140-29-4	
$m$ -FTALODINITRILLO	$m$ -Dicianobenceno; 1,3-dicianobenceno; isoftalodinitrilo; isoftalonnitrilo; $m$ -ftalodinitrilo; 1,3-bencenodicarbonitrilo	626-17-5	
FTALONITRILLO	$o$ -Dicianobenceno; 1,2-dicianobenceno; dinitrilo del ácido ftálico; ftalodinitrilo; $o$ -ftalodinitrilo	91-15-6	
HIDRACRILONITRILLO	2-Cianoetanol; Cianhidrina de etileno; 3-hidroxiopropanonitrilo; 3-hidroxiopropionitrilo; metanolacetnitrilo	109-78-4	

Tabla 104.41 • Identificación química.

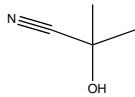

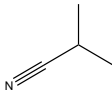
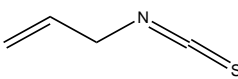
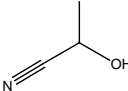
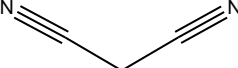

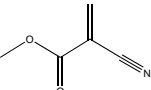
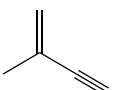
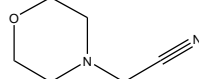
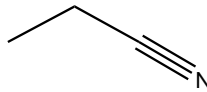
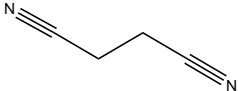

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
2-HIDROXI-2-METILPROPIONITRILLO	Cianhidrina de acetona; 2-metil-laconitrilo UN1541	75-86-5	
HIDROXIACETONITRILLO	Cianometanol; cianhidrina de formaldehído; nitrilo glicólico; 2-hidroxiacetónitrilo; hidroximetilnitrilo	107-16-4	
ISOBUTIRONITRILLO	2-Cianoopropano; dimetilacetónitrilo; cianuro de isopropilo; 2-metilpropanonitrilo; 2-metilpropionitrilo UN2284	78-82-0	
ISOTIOCIANATO DE ALILO	Isosulfocianato de alilo; isotiocianato de alilo; 3-isotiocianato-1-propeno; 2-propenil isotiocianato UN1545	57-06-7	
LACTONITRILLO		78-97-7	
MALONONITRILLO	Cianoacetónitrilo; dicianometano; dinitrilo del ácido malónico; dinitrilo malónico UN2647	109-77-3	
MANDELONITRILLO	Hidroxifenilacetónitrilo; cianhidrina de benzaldehído; fenilglicolonitrilo; nitrilo del ácido mandélico	532-28-5	
METIL-2-CIANOACRILATO	Ester metílico del ácido 2-cianoacrílico; cianoacrilato de metilo; alfa-cianoacrilato de metilo;	137-05-3	
METILACRILONITRILLO	2-Cianopropeno-1; isopropencianuro; isopropenilnitrilo; 2-metilpropenonitrilo UN3079	126-98-7	
4-MORFOLINACETONITRILLO	Acetonitrilo, morfolin-; N-cianometilmorfolina	5807-02-3	
PROPIONITRILLO	Cianoetano; cianuro de etilo; éter cianhídrico; propanonitrilo; nitrilo propiónico UN2404	107-12-0	
SUCCINONITRILLO	Butanodinitrilo; cianuro de etileno; dicianuro de etileno; dinitrilo del ácido succínico; succinodinitrilo	110-61-2	
TETRAMETILSUCCINONITRILLO	Tetrametilbutanodinitrilo; dinitrilo del ácido tetrametilsuccínico; tetrametilsuccinodinitrilo	3333-52-6	

Tabla 104.41 • Identificación química.

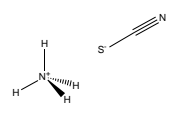
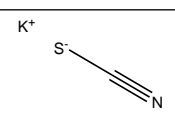
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
TIOCIANATO DE AMONIO	Rodanato de amonio; sulfocianuro de amonio; tiocianato de amonio; sal amónica del ácido tiocianico	1762-95-4	
TIOCIANATO POTASICO	Isotiocianato potásico; rodanato potásico; sulfocianato potásico; tiocianuro potásico	333-20-0	

Tabla 104.42 • 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
ACETONITRILLO 75-05-8	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos	Dolor abdominal, convulsiones, dificultad respiratoria, dolor de garganta, inconsciencia, vómitos, debilidad, los síntomas pueden tardar en aparecer Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor	Riñones; hígado; SCV; SNC; pulmones; piel; ojos; sis resp Inh; abs; ing; con	Irrit nariz y garganta; asfix; náu, vómit; dolor torác; deb; estupor, convuls; en animales: lesiones hepáticas y renales
ACRILONITRILLO 107-13-1	ojos; piel; tract resp; hígado; SNC	SNC; hígado	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, cefalea, náuseas, vómitos, debilidad, temblores y descoordinación en los movimientos Puede absorberse, enrojecimiento, dolor, ampollas Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor abdominal, cefalea, náuseas, disnea, vómitos, debilidad	SCV; hígado; riñones; SNC; piel; ojos [tumores cerebrales, cáncer de pulmón e intestino] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos y piel; asfix; cef; estor; náu, vómit; deb, mar; vesic piel; derm con descamación; [carc]
BENZONITRILLO 100-47-0	ojos; tract resp;		Inhalación Ojos Ingestión	Cefalea, dificultad respiratoria, inconsciencia Enrojecimiento, dolor Náuseas, vómitos		
BROMURO CIANOGENO 506-68-3	ojos; piel; tract resp; pulmones	pulmones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Dolor abdominal, sensación de quemazón, confusión, convulsiones, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, disnea, inconsciencia, vómitos, asfixia, ansiedad, frecuencia cardiaca irregular Puede absorberse, enrojecimiento, dolor, ampollas Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves, lagrimeo Espasmos abdominales, sensación de quemazón		
CIANAMIDA 420-04-2	ojos; piel; tract resp	piel; reproducción	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, disnea Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; quemaduras en la piel y los ojos; miosis, salv, lag, calambres musculares; efectos tipo Antabuse



Tabla 104.42 • 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
CIANURO CALCICO 592-01-8	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC; sangre; corazón	piel; reproducción	Inhalación  Piel Ojos  Ingestión	Sensación de quemazón, tos, mareo, cefalea, coloración rojiza de la piel, dificultad respiratoria, náuseas, disnea, inconsciencia, vómitos, convulsiones, coma, muerte Puede absorberse, quemaduras en la piel, dolor, prurito, pápulas Dolor, visión borrosa, posible pérdida permanente de visión, quemaduras profundas graves Confusión, sensación de quemazón en la boca; entumecimiento u opresión en la garganta, salivación, convulsiones seguidas de parálisis		
CIANURO DE HIDROGENO 74-90-8			Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Entumecimiento u opresión en la garganta y rigidez en la mandíbula inferior, confusión, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, inconsciencia, vómitos, debilidad Puede absorberse El vapor se absorbe; véase inhalación Sensación de quemazón	SCV; SNC; tiroides; sangre Inh; abs; ing; con	Asfix; deb, cef, conf; náu, vómit; aumento de la frecuencia y la profundidad de la respiración o respiración lenta y entrecortada; cambios en tiroides y sangre
CIANURO POTASICO 151-50-8	ojos; piel; tract resp	glándula tiroides	Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Confusión, convulsiones, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, disnea, inconsciencia, vómitos, debilidad, asfixia, ansiedad, frecuencia cardíaca irregular, opresión torácica Puede absorberse, enrojecimiento Los vapores se absorben, enrojecimiento Salivación, espasmos abdominales, sensación de quemazón	SCV; SNC; ojos; piel; tiroides; sangre Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp sup; asfix; deb, cef, conf; náu, vómit; aumento frecuencia resp; resp lenta y entrecortada; cambios en tiroides y sangre
CIANURO SODICO 143-33-9			Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, cefalea, disnea, dolor de garganta, inconsciencia, debilidad, convulsiones Puede absorberse, quemaduras en la piel, sensación de quemazón, dolor Dolor, quemaduras profundas graves Dolor abdominal, diarrea, vómitos	Ojos; piel; SCV; SNC; tiroides; sangre Inh; abs; ing; con	Irrit ojos y piel; asfix; deb, cef, conf; náu, vómit; aumento de la frecuencia resp; resp lenta y entrecortada; cambios en tiroides y en sangre
CIANURO DE YODO 506-78-5	ojos; piel; tract resp; pulmones; metabolismo de oxígeno intracelular		Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Confusión, tos, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, inconsciencia, vómitos, debilidad Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento Confusión, mareo, dificultad respiratoria, inconsciencia, vómitos		
CLOROACETONITRILO 107-14-2	ojos; piel; tract resp		Inhalación  Piel Ojos Ingestión	Ttos, cefalea, dificultad respiratoria, dolor de garganta, inconsciencia Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento Sensación de quemazón		
o-CLOROBENCILIDEN MALONONITRILO 2698-41-1					Sis resp; piel; ojos Inh; abs; ing; con	Dolor, quemaduras en los ojos, lagr, conj; erit en los párpados, blefarospasmo; irrit de garganta, tos, opresión torác; cef; erit, vesic piel

Tabla 104.42 • 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 CIANOGENO 506-77-4	ojos; piel; tract resp; pulmones; piel		Inhalación Piel Ojos	Confusión, sopor, náuseas, dolor de garganta, irritación, inconsciencia, vómitos, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, dolor, el líquido puede absorberse, en contacto con el líquido: congelación En contacto con el líquido: congelación, enrojecimiento, dolor	Ojos; piel; sis resp; SNC; SCV Inh; abs (liq); con (liq)	Irrit ojos y sis resp sup; tos, edema pulm tardío; deb, cef, desv, mar, conf, náu, vómit; frec cardiaca irreg; irrit piel (liq)
DICIANODIAMIDA 461-58-5			Inhalación Piel Ojos	Dolor abdominal, mareo, náuseas, disnea Enrojecimiento, quemaduras en la piel Pérdida de visión, quemaduras profundas graves		
2-HIDROXI-2-METILPROPIONITR ILO 75-86-5	ojos; piel; tract resp; metabolismo de oxígeno intracelular		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Confusión, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, inconsciencia, vómitos, debilidad Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento Confusión, mareo, dificultad respiratoria, inconsciencia, vómitos	Ojos; piel; sis resp; SNC; SCV; hígado; riñones; tracto GI Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; mar, deb, cef, conf, convuls; les hepáticas y renales; edema pulm, asfix
ISOTIOCIANATO DE ALILO 57-06-7	ojos; piel; tract resp piel		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Dolor de garganta, tos, dificultad respiratoria Enrojecimiento, dolor Dolor, enrojecimiento, visión borrosa Dolor de garganta, sensación de quemazón, náuseas, vómitos		
PROPIONITRILLO 107-12-0	ojos; piel; tract resp; metabolismo celular; SNC	piel; defectos congénitos	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Confusión, asfixia, mareo, embotamiento, cefalea, náuseas, vómitos Puede absorberse, sequedad de piel, dolor Quemaduras profundas graves Inconsciencia	Ojos; piel; sis resp; SNC; hígado; riñones Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; náu, vómit; dolor torác; deb; estupor; convuls; en animales: lesiones hepáticas y renales
TETRAMETILSUCCINONITRILLO 3333-52-6	SNC		Inhalación Piel	Convulsiones, mareo, cefalea, náuseas, inconsciencia, vómitos Puede absorberse	SNC; hígado; riñones; tracto GI Inh; abs; ing; con	Cef, náu; convuls, coma; hígado, riñones, efectos GI

Tabla 104.43 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ACETONITRILLO 75-05-8	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia El vapor se mezcla fácilmente con el aire y forma mezclas explosivas Se pueden generar cargas electrostáticas como consecuencia de flujo, agitación, etc.	En su combustión libera humos tóxicos de cianuro de hidrógeno y óxidos de nitrógeno inflamables En contacto con oxidantes fuertes produce riesgo de incendio y explosión Ataca algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos	Se 3

Tabla 104.43 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ACIDO ISOCIANURICO 108-80-5			6.1/ 8
ACRILONITRILO 107-13-1	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	Se polimeriza por efecto del calor, la luz solar y el contacto con bases y peróxidos. Al calentarse puede sufrir una combustión violenta o explosión. Se descompone al calentarse, liberando humos tóxicos como óxidos de nitrógeno y cianuro de hidrógeno. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes y bases fuertes, con peligro de incendio y explosión.	3/ 6.1
ADIPONITRILO 111-69-3			6.1
BENZONITRILO 100-47-0		Se descompone al calentarse o al arder en contacto con ácidos, desprendiendo humos muy tóxicos (cianuro de hidrógeno, óxidos nitrosos). Reacciona violentamente con ácidos fuertes, produciendo cianuro de hidrógeno, muy tóxico. Ataca algunos plásticos.	6.1
BROMURO CIANOGENO 506-68-3	El vapor es más pesado que el aire	Se descompone al calentarse o en contacto con ácidos, produciendo cianuro de hidrógeno, muy tóxico e inflamable, y bromuro de hidrógeno corrosivo. Reacciona lentamente con el agua y el vapor de agua, formando bromuro y cianuro de hidrógeno.	
BUTIRONITRILO 109-74-0			3/ 6.1
CIANAMIDA 420-04-2		Puede polimerizarse a temperaturas superiores a 122 °C. Se descompone al calentarse por encima de 49 °C, en contacto con ácidos, bases y humedad, produciendo humos tóxicos, como óxidos de nitrógeno y cianuros. Reacciona con ácidos, oxidantes fuertes, agentes reductores fuertes y agua, con peligro de toxicidad y explosión. Ataca algunos metales.	
CIANAMIDA CALCICA 156-62-7			4.3
CIANOGENO 460-19-5			2.3/ 2.1
CIANURO CALCICO 592-01-8		Se descompone al calentarse por encima de 350 °C, liberando humos tóxicos (cianuro de hidrógeno, óxidos nitrosos). Reacciona violentamente con agua, aire húmedo, dióxido de carbono, ácidos y sales de ácidos, produciendo cianuro de hidrógeno, muy tóxico e inflamable. Reacciona violentamente al calentarse con nitritos, nitratos, cloratos y percloratos.	6.1
CIANURO DE HIDROGENO 74-90-8	El gas se mezcla con el aire, formando fácilmente mezclas explosivas	La sustancia puede polimerizarse si se calienta por encima de 184 °C, por efecto de bases o agua al 2-5 % o si no se estabiliza químicamente, con peligro de incendio o explosión. En su combustión se forma monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. Se descompone en contacto con bases, con peligro de incendio y explosión. Es un ácido débil. La solución en agua es un ácido débil. Reacciona violentamente con un exceso de ácidos fuertes, con peligro de incendio y explosión. Ataca muchos metales en presencia de agua.	6.1/ 3
CIANURO POTASICO 151-50-8		Se descompone en contacto con agua, humedad, carbonatos alcalinos y ácidos, produciendo un gas muy tóxico (cianuro de hidrógeno). La solución en agua es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva.	6.1
CIANURO SODICO 143-33-9		Se descompone al arder, liberando humos tóxicos (óxidos de nitrógeno). Es una base fuerte, reacciona violentamente con los ácidos y corroe los metales (aluminio y zinc). Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, como nitratos y cloratos, con peligro de incendio y explosión. Se descompone en presencia de aire, humedad o dióxido de carbono, produciendo un gas muy tóxico e inflamable (cianuro de hidrógeno). En contacto con ácidos y sales de ácidos forma inmediatamente un gas muy tóxico e inflamable (cianuro de hidrógeno).	6.1
CIANURO DE YODO 506-78-5		Puede polimerizarse al calentarse o en contacto con ácidos, produciendo un gas muy tóxico (cianuro de hidrógeno). Se descompone lentamente en contacto con el agua o la humedad, produciendo un gas muy tóxico (cianuro de hidrógeno). Reacciona violentamente con oxidantes fuertes. Se puede descomponer si se expone a la luz.	
CLOROACETONITRILO 107-14-2	El vapor es más pesado que el aire	En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone emitiendo vapores tóxicos e inflamables. Reacciona con oxidantes fuertes, agentes reductores, ácidos, bases y vapor de agua, liberando humos muy tóxicos e inflamables.	6.1/ 3

Tabla 104.43 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
CLORURO DE CIANOGENO 506-77-4	El gas es más pesado que el aire	Puede polimerizarse violentamente si se contamina con cloruro de hidrógeno o de amonio. Se descompone al calentarse produciendo humos tóxicos y corrosivos (cianuro de hidrógeno, ácido clorhídrico, óxidos de nitrógeno). Reacciona lentamente con el agua y el vapor de agua, formando cloruro de hidrógeno. Ataca el cobre y el bronce.	Se descompone al calentarse produciendo humos tóxicos y corrosivos (cianuro de hidrógeno, ácido clorhídrico, óxidos de nitrógeno). Reacciona lentamente con el agua y el vapor de agua, formando cloruro de hidrógeno. Ataca el cobre y el bronce.
DIALILCIANURATO 1081-69-2			2.3/ 8
DIANODIAMIDA 461-58-5		Se descompone al calentarse, produciendo gases tóxicos oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión. Reacciona con ácidos, formando gases tóxicos.	2.3/ 2.1
FENILACETONITRILLO 140-29-4			6.1
2-HIDROXI-2-METILPROPIONITRILLO 75-86-5		Se descompone al calentarse y al arder, produciendo cianuro de hidrógeno. Reacciona con oxidantes fuertes, bases fuertes y ácidos fuertes. Reacciona violentamente con metales alcalinos, con peligro de incendio y explosión.	6.1
ISOBUTIRONITRILLO 78-82-0			3/ 6.1
ISOTIOCIANATO DE ALILO 57-06-7		Se descompone al calentarse, liberando vapores de ácido cianhídrico. Reacciona con oxidantes fuertes.	6.1
MALONONITRILLO 109-77-3			6.1
METILACRILONITRILLO 126-98-7			3/ 6.1
PROPIONITRILLO 107-12-0	El vapor se mezcla fácilmente con el aire; se forman fácilmente mezclas explosivas.	Se descompone al calentarse, desprendiendo humos tóxicos como óxidos de nitrógeno y cianuro de hidrógeno. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión. Reacciona con ácidos, vapor de agua y agua caliente, emitiendo cianuro de hidrógeno, tóxico e inflamable.	3/ 6.1
TETRAMETILSUCCINONITRILLO 3333-52-6		Se descompone al calentarse, produciendo humos tóxicos (cianuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno). Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión.	

Tabla 104.44 • 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)
ACETONITRILLO 75-05-8	líquido límpido e incoloro	81,6	-45	41,05	misc	0,7857	1,42	87 mm Hg @ 24 °C	3,0 li 16,0 ls	128 cc	524
ACIDO ISOCIANURICO 108-80-5	crístales anhidros en ácido clorhídrico o sulfúrico concentrados; polvo cristalino		360	129,08	1 g/200 ml	2,500					
ACRILONITRILLO 107-13-1	líquido transparente e incoloro	77,3	-83,5	53,06	7 g/100 ml	0,8060	1,13 @ 25 °C	11,0	3 li 17 ls	-1 cc	481
ADIPONITRILLO 111-69-3	agujas en éter; líquido incoloro	295	1	108,1	lig sol	0,9676	3,73	6,8 x 10 <sup>-4</sup> mm Hg @ 25 °C	1,0 @ 200 °C		550

Tabla 104.44 • 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)
BENZONITRILLO 100-47-0	líquido; aceite transparente incoloro	191	-13	103,1	lig sol	1,010 @ 15 °C/15 °C	3,6	0,1		75 cc	550
BROMURO CIANOGENO 506-68-3	cubos incoloros o cristales blancos con forma de aguja	61,5	52	105,0	sol	2,015	3,62	12,3			
BUTIRONITRILLO 109-74-0	líquido incoloro	117,5	-112	69,10	lig sol	0,7936	2,4	19,5 mm Hg @ 25 °C	1,65 li ? ls		501
CIANAMIDA 420-04-2	cristales alargados ortorrómbicos, alargados y hexagonales en dimetilftalato; cristaliza en distintos solventes como cristales incoloros, ortorrómbicos, delicuescentes, ligeramente inestables	83 @ 0,5 mm Hg	45-46	42,04	muy sol	1,282	1,45			141	
CIANAMIDA CALCICA 156-62-7	la cianamida cálcica pura se presenta como cristales hexagonales brillantes que pertenecen al sistema romboédrico; polvo o cristales incoloros		1340	80,11	insol	2,29					
CIANATO POTASICO 590-28-3	polvo cristalino blanco; cristales tetragonales incoloros		315	81,12	75 g/100 cc @ 25 °C	2,056 @ 20 °C					
CIANOGENO 460-19-5	gas incoloro	-21,1	-27,9	52,0	sol	0,9537 @ -21,17 °C/ 4 °C	1,8	760 mm Hg @ -21,0 °C	6,6 li 32 ls		
CIANURO CALCICO 592-01-8	polvo blanco; cristales romboédricos o polvo		> 350 se descompo ne	92,12	sol	1,853 (sólido)					
CIANURO DE HIDROGENO 74-90-8	gas o líquido incoloro; 26 líquido color agua a temperaturas inferiores a 26,5 °C; líquido incoloro o blanco azulado		-13,4	27,0	misc	0,6876	0,94	81,8	5,6 li 40,0 ls	-1778 cc	538
CIANURO POTASICO 151-50-8	polvo granular o fragmentos fusionados de color blanco; masa cristalina o agregados amorfo de color blanco; cubos incoloros		634	65,11	se descompone	1,553					

Tabla 104.44 • 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)
CIANURO SODICO 143-33-9	cubos incoloros; sólido blanco en forma de gránulos, escamas o elipsoides	1496	563,7	49,02	48 g/100 ml @ 10 °C	1,6					
CIANURO DE YODO 506-78-5	crisales	> 45 sublima	146,5	152,92	reacciona	2,84 @ 18 °C	5,3	0,13 @ 25,2 °C			
CLORACETONITRILO 107-14-2	líquido incoloro	126		75,50	insol	1,1930	2,61	1,15	1,0 li ? ls	56	
o-CLOROBENCILIDEN MALONONITRILO 2698-41-1	sólido cristalino blanco	310-315	93-95	188,62	insol			3,4x10-5 m m Hg			
CLORURO CIANOGENO 506-77-4	líquido o gas incoloro	13	-6,5	61,5	sol	1,186	2,16	1987 @ 21,1 °C			
DICIANODIAMIDA 461-58-5	crisales prismáticos monoclinicos en agua y alcohol; crisales puros blancos		211	84,08	sol	1,400 @ 25 °C/4 °C					
FENILACETONITRILO 140-29-4	líquido aceitoso incoloro	233,5	-23,8	117,14	insol	1,0214 @ 15 °C/15 °C		1 mm Hg @ 60,0 °C			
m-FTALODINITRILO 626-17-5		265 sublima	162	128,13	lig sol	0,992 @ 40 °C					
FTALONITRILO 91-15-6	aguja en agua o éter de petróleo; crisales color crema		141	128,1	lig sol						
HIDRACRILONITRILO 109-78-4	líquido color agua o color pajizo	230	-46	71,08	misc	1,041	2,45	0,08 mm Hg @ 25 °C		1294 ca	505
HIDROXIACETONITRILO 107-16-4	líquido aceitoso incoloro o color agua	183 se descompone	< -72	57,06	muy sol	1,10	1,96	1 mm Hg @ 63 °C			
2-HIDROXI-2-METILPROPIONITRILO 75-86-5	líquido incoloro	95	-19	85,10	muy sol	0,9267 @ 25 °C/4	2,93	106 Pa	2,2 li 12,0 ls	63-74 cc	688
ISOBUTIRONITRILO 78-82-0	líquido incoloro	103,8	-71,5	69,1	lig sol	0,7608 @ 30 °C/4 °C	2,38	32,7 mm Hg @ 25 °C		8 cc	482
ISOTIOCIANATO DE ALILO 57-06-7	líquido aceitoso incoloro o amarillo pálido	152	-80	99,15	lig sol	1,0126	3,41	1,3 Pa @ 38,3 °C		461	
LACTONITRILO 78-97-7	líquido amarillo; líquido color pajizo	102 °C @ 30 mm Hg	-40	71,1	sol	0,9877 @ 20 °C/4 °C		17 mm Hg a 90 °C			
MALONONITRILO 109-77-3	polvo blanco; sólido incoloro	218,5	32	66,06	sol	1,1910		11 mm Hg @ 99 °C			
MANDELONITRILO 532-28-5	líquido aceitoso amarillo	170	-10			1,1165					
METIL 2-CIANOACRILATO 137-05-3	líquido viscoso incoloro	47-48 @ 1,8 mm Hg		111,10	2,95 x10+5 mg/l	1,1012		0,179 mm Hg @ 25 °C.			
METILACRILONITRILO 126-98-7	líquido incoloro	90,3	-35,8	67,10	insol	0,8001	2,31	71,2 mm Hg @ 25 °C	2 li 6,8 ls	13 ca	

Tabla 104.44 • 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)
PROPIONITRILLO 107-12-0	líquido incoloro	97,1	-92	55,08	muy sol	0,7818	1,9	5,2	3,1 li ? ls	6 cc	
SUCCINONITRILLO 110-61-2		266	54,5	80,09	muy sol	0,9867 @ 60 °C					
TETRAMETILSUCCINONITRILLO 3333-52-6	sólido	1,070	170 sub	136,19	insol	1,070@ 25 °C	4,7				
TIOCIANATO DE AMONIO 1762-95-4	crisales monoclinicos incolores		149,6	76,12	128 g/100 ml @ 0 °C; muy sol en agua caliente	1,3057 g/ml					
TIOCIANATO POTASICO 333-20-0				97,18							

## COMPUESTOS EPOXIDICOS

Janet L. Collins

Los compuestos epoxi constan de uno o más anillos oxiranos. Un anillo oxirano es básicamente un átomo de oxígeno unido a dos átomos de carbono. Estos compuestos reaccionan con los grupos amino, hidroxilo y carboxilo, así como con los ácidos inorgánicos, para dar sustancias relativamente estables.

### Usos

Los compuestos epoxi se utilizan ampliamente en la industria como productos químicos intermedios en la fabricación de disolventes, plastificantes, cementos, adhesivos y resinas sintéticas. Se usan en distintas industrias como recubrimientos protectores para el metal y la madera. Los compuestos alfa epoxi, que tienen el grupo epoxi (C-O-C) en posición 1,2, son los más reactivos y los más utilizados en aplicaciones industriales. Las resinas epoxi, cuando reaccionan con un agente endurecedor, se convierten en productos muy versátiles y termoestables, que se utilizan en muy diversas aplicaciones, como recubrimiento de superficies, electrónica (productos encapsulados), estructuras laminares y unión de materiales muy diversos.

Los *óxidos de butileno (1,2-epoxibutano y 2,3-epoxibutano)* se utilizan en la producción de butilenglicoles y sus derivados, además de en la fabricación de agentes tensoactivos. La *epiclorhidrina* se utiliza como producto químico intermedio, insecticida, fumigante y disolvente de pinturas, barnices, esmaltes de uñas y lacas. También se utiliza en los polímeros de recubrimiento de las redes de abastecimiento de agua y como materia prima en la producción de resinas de alta resistencia a la humedad en la industria papelera. El *glicidol (o 2,3-epoxipropano)* se utiliza como estabilizante de aceites naturales y polímeros de vinilo, como agente de rotulado de tintes y como emulsionante.

*1,2,3,4-Diepoxibutano.* En los estudios de inhalación a corto plazo (4 horas) realizados en ratas se produjo lagrimeo, opacidad corneal, disnea y congestión pulmonar. Los experimentos en otras especies animales han demostrado que el *diepoxibutano*, al igual que muchos otros compuestos epoxi, puede producir irritación ocular, quemaduras y ampollas en la piel e irritación del sistema pulmonar. En el hombre, una exposición accidental "leve" provocó Oblefaritis, irritación de las vías respiratorias altas e irritación ocular dolorosa 6 horas después de la exposición.

En ratones, la aplicación cutánea de las formas D,L- y *meso-* del 1,2,3,4-diepoxibutano produjo tumores de la piel, como carcinomas de células escamosas. En ratones y ratas, los isómeros D- y L- produjeron sarcomas locales por inyección subcutánea e intraperitoneal, respectivamente.

Algunos compuestos epoxi se utilizan en la industria sanitaria y alimentaria. El *óxido de etileno* se utiliza para esterilizar instrumental quirúrgico y equipos médicos, tejidos, productos de papel, sábanas y artículos de aseo personal. También se utiliza como fumigante de alimentos y tejidos, como propelente de cohetes y como acelerador del crecimiento de las hojas de tabaco. El óxido de etileno se emplea como intermediario en la producción de etilenglicol, películas y fibras de poliéster de tereftalato de polietileno y otros compuestos orgánicos. El *guayacol* se utiliza como anestésico local, antioxidante, expectorante y como producto químico intermedio en la producción de otros expectorantes. También se emplea como aromatizante en bebidas no alcohólicas y alimentos. El *óxido de propileno o 1,2-epoxipropano*, sirve como fumigante para esterilizar alimentos envasados y otros materiales.

Es un intermediario muy reactivo en la producción de poliéteres polioles que, a su vez, se emplean para fabricar espumas de poliuretano. Asimismo, se utiliza en la producción de propilenglicol y sus derivados.

El *dióxido de vinilciclohexeno* se utiliza como diluyente reactivo para otros diepóxidos y para las resinas derivadas de la epiclorhidrina y el bisfenol A. También se ha investigado su uso para la preparación de poliglicoles que contienen grupos epoxi libres o para la polimerización en resinas tridimensionales.

El *furfural* se utiliza en análisis de orina, en el refinado con disolventes de los aceites de petróleo y en la fabricación de barnices. También se emplea como aromatizante sintético, como disolvente para el algodón nitrado, como componente de los adhesivos a base de caucho y como agente humectante en la fabricación de ruedas abrasivas y guarniciones de frenos. El *alcohol furfurílico* se emplea como aromatizante, como propelente líquido y como disolvente de colorantes y resinas, así como en sellados y adhesivos resistentes a la corrosión y en los núcleos de fundición. El *tetrahidrofurano* se utiliza en histología, en síntesis químicas y en la fabricación de artículos para envasado, transporte y conservación de alimentos. También se utiliza como disolvente de grasas y caucho no vulcanizado. El *diepoxibutano* se ha utilizado para evitar la descomposición de alimentos, como agente endurecedor de polímeros y como agente reticulante de fibras textiles.

### Riesgos

Los compuestos epoxídicos se utilizan ampliamente en la actualidad. Los más importantes se comentan individualmente a continuación. Como grupo, sin embargo, comparten ciertos riesgos característicos. En general, la toxicidad de un sistema de resinas es el resultado de una complicada interrelación entre los efectos tóxicos de sus distintos componentes. Los compuestos epoxi son sensibilizantes conocidos de la piel, sobre todo los de bajo peso molecular. El bajo peso molecular también se asocia, en general, con una mayor volatilidad. Se han dado casos de dermatitis alérgica epóxica tanto retardada como inmediata, así como dermatitis epóxica irritante. La dermatitis suele aparecer en las manos y en los espacios interdigitales y su intensidad va desde un simple eritema hasta una erupción bullosa importante. Otros órganos afectados por la exposición a los compuestos epoxi son el sistema nervioso central (SNC), los pulmones, los riñones, los órganos reproductores, la sangre y los ojos. También existen pruebas del potencial mutagénico de algunos compuestos epoxi. En un estudio, 39 de los 51 compuestos epoxi considerados provocaron una respuesta positiva en la prueba de Ames/*Salmonella*. Se ha demostrado que otros epóxidos inducen intercambios de cromátidas hermanas en los linfocitos humanos. Actualmente se están realizando estudios en animales para determinar la relación entre la exposición a epóxidos y el cáncer.

Es importante señalar que algunos de los agentes de curado, endurecedores y otros agentes de procesado utilizados en la producción de los compuestos finales exhiben también una acción tóxica. Uno de ellos en particular, la 4,4-metilendianilina (MDA), produce hepatotoxicidad y lesiones en la retina, además de ser carcinógena en animales. Otro es el anhídrido trimelítico (ATM). Ambos se tratan más adelante en este capítulo.

Se ha visto que la *epiclorhidrina*, un compuesto epoxi, produce un aumento significativo del cáncer pulmonar en los trabajadores expuestos. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado a esta sustancia en el Grupo 2A como probable carcinógeno humano. Los resultados de un



estudio epidemiológico a largo plazo de los trabajadores expuestos a epíclorhidrina en dos plantas de la empresa Shell Chemical Company en Estados Unidos, pusieron de manifiesto un aumento estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) de la mortalidad por cáncer del aparato respiratorio. Al igual que otros compuestos epoxi, la epíclorhidrina irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio de las personas expuestas. Los estudios realizados en el hombre y en animales demuestran que la epíclorhidrina provoca lesiones cutáneas graves e intoxicación sistémica tras el contacto prolongado con la piel. Se ha visto que la exposición a 40 ppm de epíclorhidrina durante 1 h produce una irritación de los ojos y la garganta que puede durar 48 h, y con 20 ppm aparecen quemaduras en los ojos y los conductos nasales. Además, se ha comprobado que la epíclorhidrina produce esterilidad en los animales, así como lesiones hepáticas y renales.

La inyección subcutánea de epíclorhidrina en el ratón produjo tumores en el sitio de la inyección, algo que no ocurrió cuando esta sustancia se aplicó con un pincel sobre la piel. Los estudios de inhalación realizados en ratas han demostrado un aumento estadísticamente significativo de los cánceres nasales. La epíclorhidrina induce mutaciones (sustitución de pares de bases) en microorganismos. También se ha detectado un aumento de aberraciones cromosómicas en los leucocitos de trabajadores expuestos a epíclorhidrina. En 1996, la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) estableció un Valor Límite Umbral (TLV) de 0,5 ppm para la epíclorhidrina y se considera un carcinógeno del Grupo A3 (carcinógeno en animales).

*1,2-Epoxibutano e isómeros (óxidos de butileno).* Estos compuestos son menos volátiles y menos tóxicos que el óxido de propileno. Los principales efectos adversos descritos en el hombre son irritación de los ojos, los conductos nasales y la piel. En animales se han observado también problemas respiratorios, hemorragia pulmonar, nefrosis y lesiones de la cavidad nasal con la exposición aguda a concentraciones muy elevadas de 1,2-epoxibutano, pero no ha podido demostrarse claramente que esta sustancia tenga efectos teratogénicos. La IARC ha decidido que las pruebas que existen del potencial carcinogénico del 1,2-epoxibutano en animales de experimentación son insuficientes.

El *1,2-epoxipropano* (óxido de propileno) es muchos menos tóxico para el hombre que el óxido de etileno, otro compuesto epoxi utilizado con frecuencia para esterilizar material quirúrgico y hospitalario. La exposición a esta sustancia produce efectos irritantes en los ojos, la piel y el tracto respiratorio, depresión del SNC, ataxia, estupor y coma (hasta el momento, estos últimos sólo se han demostrado claramente en animales). Además, el 1,2-epoxipropano actúa como un agente alquilante directo en varios tejidos, lo que aumenta la posibilidad de potencial carcinógeno. Varios estudios realizados en animales han relacionado este compuesto con efectos carcinogénicos. Los principales efectos adversos que se han demostrado claramente en el hombre hasta el momento son quemaduras o ampollas en la piel por contacto prolongado con la sustancia no volatilizada, incluso a concentraciones bajas de óxido de propileno. También se han descrito quemaduras de la córnea atribuidas a este compuesto.

*Dióxido de vinilciclohexeno.* La irritación producida por la aplicación de este compuesto puro en la piel de conejo es similar al edema y al enrojecimiento de las quemaduras de primer grado. La aplicación cutánea de dióxido de vinilciclohexeno en ratones produjo un efecto carcinogénico (carcinomas de células escamosas o sarcomas). La administración intraperitoneal en ratas tuvo un efecto análogo (sarcomas de la cavidad peritoneal). Se ha demostrado que esta sustancia es mutagénica para la cepa TA 100 de *Salmonella typhimurium* y también produce un aumento significativo de las mutaciones en las células de ovario de hámster chino. El dióxido de vinilciclohexeno debe manejarse como un

posible cancerígeno y obliga a instalar controles técnicos y adoptar medidas de higiene adecuadas.

En lo que se refiere a su uso industrial, se ha demostrado que el dióxido de vinilciclohexeno irrita la piel y produce dermatitis. Un trabajador que utilizó calzado contaminado con este compuesto sufrió vesiculación grave en ambos pies. Las lesiones oculares constituyen también un riesgo bien conocido. Por el momento no se han realizado estudios sobre los efectos crónicos de esta sustancia.

*2,3-Epoxipropanol.* En los estudios experimentales realizados en ratones y ratas, el glicidol produjo irritación ocular y pulmonar. La  $CL_{50}$  para una exposición de 4 horas en ratones fue de 450 ppm, y para una exposición de 8 horas en ratas, 580 ppm. No obstante, las ratas expuestas durante 7 horas diarias a 400 ppm de glicidol durante 50 días no mostraron signos de toxicidad sistémica. Después de las primeras exposiciones se percibió una ligera irritación ocular y sufrimiento respiratorio.

El *óxido de etileno* (OTE) es una sustancia química muy peligrosa y tóxica. Reacciona exotérmicamente y puede explotar cuando se calienta o cuando entra en contacto con hidróxidos alcalimetálicos o con superficies catalíticas muy activas. Por este motivo, debe controlarse estrictamente y utilizarse sólo en procesos industriales cerrados o automatizados. La forma líquida del óxido de etileno es relativamente estable. Sus vapores, en concentraciones de tan sólo un 3 %, son muy inflamables y pueden explotar en presencia de calor o llamas.

Se dispone de mucha información sobre los efectos para la salud de este compuesto en el hombre. El óxido de etileno es un irritante respiratorio, cutáneo y ocular. A concentraciones altas produce depresión del sistema nervioso central. Algunas personas expuestas a concentraciones elevadas de esta sustancia han descrito un sabor extraño en la boca tras la exposición. Los efectos tardíos de la exposición aguda a concentraciones elevadas son: cefalea, náuseas, vómitos, disnea, cianosis y edema pulmonar. Otros síntomas que se han descrito tras la exposición aguda son sopor, fatiga, debilidad y descoordinación. La solución de óxido de etileno puede causar un tipo de quemadura característica en la piel expuesta, que aparece entre 1 y 5 horas después de la exposición. Estas quemaduras evolucionan con frecuencia de ampollas a vesículas coalescentes y descamación. Casi siempre las lesiones cutáneas remiten espontáneamente, dejando un área más pigmentada en el lugar de la quemadura.

La exposición crónica o prolongada a concentraciones bajas o moderadas de óxido de etileno se ha asociado a una actividad mutagénica. Se sabe que este compuesto actúa como agente alquilante en los sistemas biológicos, uniéndose al material genético y a otros sitios donantes de electrones, como la hemoglobina, y causando mutaciones y problemas funcionales. Se ha comprobado también que el óxido de etileno induce aberraciones cromosómicas. En un estudio de personas expuestas, la capacidad de autorreparación del ADN resultó negativamente afectada por la exposición prolongada a concentraciones bajas de esta sustancia. En algunos estudios se ha observado una relación entre la exposición a óxido de etileno y un aumento del recuento absoluto de linfocitos en los trabajadores expuestos. Sin embargo, esta relación no ha podido ser demostrada en estudios más recientes.

El potencial carcinogénico del óxido de etileno se ha demostrado en varios modelos animales. La IARC lo ha clasificado en el Grupo 1 (carcinógeno humano conocido). La inhalación prolongada de óxido de etileno en ratas y monos produce leucemia, mesotelioma peritoneal y algunos tumores cerebrales. Los estudios de exposición en ratones han asociado la exposición por inhalación con cánceres pulmonares y linfomas. Tanto el National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) como la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de Estados Unidos consideran que el óxido de etileno es

cancerígeno para el hombre. El NIOSH llevó a cabo un estudio a gran escala en el que participaron más de 18.000 trabajadores expuestos a óxido de etileno durante un periodo de 16 años y concluyó que, en la población expuesta, la tasa de cánceres de sangre y linfomas era superior a la esperada. Sin embargo, estudios posteriores no han encontrado una mayor incidencia de estos cánceres en los trabajadores expuestos. Uno de los principales problemas de estos estudios, y una de las posibles causas de su naturaleza contradictoria, es la imposibilidad de cuantificar con exactitud los niveles de exposición. Por ejemplo, la mayor parte de los estudios sobre los efectos carcinogénicos del óxido de etileno en el hombre se han centrado en el personal encargado de la esterilización de los hospitales. Es más que probable que las personas que realizaban este tipo de trabajo antes del decenio de 1970 experimentarían una mayor exposición al gas de óxido de etileno debido a la tecnología existente y a la ausencia de medidas de control en aquella época. (Las medidas de seguridad para el uso del óxido de etileno en los centros sanitarios se comentan en el Capítulo *Centros y servicios de asistencia sanitaria* de este mismo volumen).

Se ha visto también que el óxido de etileno tiene efectos adversos en el sistema reproductor tanto de animales como del hombre. En machos y hembras de ratón y rata expuestos a óxido de etileno, las mutaciones letales dominantes en las células reproductoras determinaron un aumento de la tasa de mortalidad embrionaria en las crías. Algunos estudios han asociado la exposición a óxido de etileno con una mayor tasa de abortos en el hombre.

Se han descrito también efectos adversos neurológicos y neuropsiquiátricos derivados de la exposición al óxido de etileno tanto en animales como en el hombre. Las ratas, conejos y monos expuestos a 357 ppm de OTE durante un periodo de 48 a 85 días desarrollaron deficiencias en las funciones sensoriales y motoras, así como desgaste muscular y debilidad de las extremidades posteriores. Un estudio demostró que los trabajadores expuestos a OTE mostraban deficiencias en la respuesta sensorial a la vibración e hipoactividad en los reflejos tendinosos profundos. No se ha demostrado claramente que las personas expuestas durante largos periodos de tiempo a concentraciones bajas de óxido de etileno sufran trastornos neuropsiquiátricos. Algunos estudios y un volumen cada vez mayor de pruebas anecdóticas sugieren que el OTE induce una disfunción del SNC y deficiencias cognitivas como, por ejemplo, dificultad para pensar, problemas de memoria y tiempos de reacción más lentos en algunos tipos de pruebas.

Un estudio de personas expuestas a óxido de etileno en un entorno hospitalario ha indicado una asociación entre la exposición y el desarrollo de cataratas.

Otro riesgo relacionado con la exposición al óxido de etileno es la posibilidad de que se forme etilenclorhidrina (2-cloroetanol) en presencia de humedad y de iones cloro. La etilenclorhidrina ejerce una intensa acción tóxica generalizada y algunas personas han muerto como consecuencia de la exposición a sus vapores.

El *tetrahidrofurano* (THF) forma peróxidos explosivos en contacto con el aire. Las explosiones pueden ocurrir también cuando el compuesto entra en contacto con aleaciones de litio-aluminio. Sus vapores y peróxidos irritan las mucosas y la piel y la sustancia es un potente narcótico.

Aunque se dispone de información limitada sobre la exposición industrial a THF, los investigadores que han realizado experimentos con este compuesto en animales sufrieron fuertes cefaleas occipitales y embotamiento después de cada experimento. Los animales expuestos a dosis letales de tetrahidrofurano cayeron rápidamente en narcosis, acompañada de hipotonía muscular y supresión de los reflejos de la córnea, coma y muerte. La exposición a dosis tóxicas únicas produjo desvanecimiento, irritación de

las mucosas con salivación y mucosidad abundante, vómitos, una marcada disminución de la presión sanguínea y relajación muscular, seguido por un sueño prolongado. En general, los animales se recuperaron de estas dosis y no mostraron indicios de cambios biológicos. Tras la exposición reiterada se observó irritación de las mucosas y, en algunos casos, alteraciones renales y hepáticas. Las bebidas alcohólicas potencian el efecto tóxico de esta sustancia.

### Medidas de salud y seguridad

El principal objetivo de las medidas de control de los compuestos epoxi será la reducción del riesgo de inhalación y contacto con la piel. Siempre que sea factible se intensificará el control de la misma fuente de contaminación. Para ello es posible que los procesos tengan que realizarse en sistemas cerrados o con ventilación aspirante local. Cuando estos controles técnicos no sean suficientes para reducir las concentraciones ambientales hasta niveles aceptables, será necesario utilizar equipos de protección respiratoria para evitar la irritación pulmonar y la sensibilización de los trabajadores expuestos. Estos equipos consisten en máscaras para gases provistas de cartuchos y filtros para partículas sólidas de alto rendimiento, o bien, respiradores con suministro de aire. Toda la superficie corporal deberá protegerse contra posibles contactos con compuestos epoxi mediante la utilización de guantes, mandiles, pantallas faciales, gafas y tantos otros equipos y prendas de protección como fuere necesario. Las ropas contaminadas deberán retirarse lo antes posible y las zonas de la piel afectadas se lavarán con agua y jabón.

En aquellas zonas donde se manipulen cantidades apreciables de compuestos epoxi deberán existir duchas de seguridad, fuentes para el lavado de los ojos y extintores de incendios. Todos los trabajadores que tengan relación con estos productos dispondrán, asimismo, de instalaciones para lavarse las manos con agua y jabón.

El riesgo potencial de incendio asociado a los compuestos epoxi aconseja que en las zonas donde se almacenen o manipulen este tipo de compuestos no existan llamas ni otras fuentes de ignición, como pueden ser cigarrillos encendidos.

Los trabajadores afectados deberán ser necesariamente retirados de cualquier situación de emergencia y, en caso de contaminación de los ojos o la piel, se procederá a su lavado con agua abundante. Las ropas contaminadas se retirarán rápidamente. Si la exposición hubiera sido grave, se recomienda la hospitalización de la víctima para su observación durante 72 horas, por la posibilidad de que se presente un edema pulmonar tardío.

Cuando se trata de compuestos epoxi muy volátiles, como el óxido de etileno, deben adoptarse medidas de seguridad estrictas para evitar incendios y explosiones, entre ellas el control de las fuentes de ignición, como la electricidad estática, la disponibilidad de extintores de incendios a base de espuma, dióxido de carbono o polvo seco (si en los incendios masivos se utiliza agua para su extinción, las mangueras deberán estar equipadas con boquillas aspersoras), la utilización de vapor de agua o agua caliente para calentar el óxido de etileno o sus mezclas, y su almacenaje en zonas protegidas del calor y alejadas de oxidantes fuertes, ácidos fuertes, alcalis, cloruros anhídros o hierro, aluminio o estaño, óxidos de hierro y óxidos de aluminio.

Además, existirá un plan de emergencia adecuado y se dispondrá de equipos protectores para actuar en caso de derrames o fugas de óxido de etileno. En caso de derrame, la primera medida que debe adoptarse es la evacuación de todo el personal, con excepción de los encargados de las operaciones de limpieza. Todas las fuentes de ignición que existan en el área se quitarán o clausurarán y procurará ventilarse bien la zona. Las cantidades pequeñas de líquido derramado pueden absorberse

con trapos o papel y dejar que se evapore en un lugar seguro, como debajo de una campana de extracción de vapores químicos. No debe permitirse que el óxido de etileno penetre en espacios confinados, como puede ser un sumidero. Los trabajadores no deben entrar en espacios confinados en los que se haya almacenado óxido de etileno sin adoptar las medidas oportunas para tener la seguridad de que no existan concentraciones tóxicas o explosivas. Siempre que sea posible, el óxido de etileno se almacenará y utilizará en sistemas cerrados o provistos de una ventilación local aspirante adecuada.

Todas las sustancias que poseen propiedades carcinogénicas, como el óxido de etileno y el dióxido de vinilciclohexeno, deben manipularse con extrema precaución para evitar el contacto con la piel del trabajador o la inhalación durante su producción y uso. La prevención del contacto se logra también con un diseño adecuado de las instalaciones de trabajo y de las plantas de procesado que impida las fugas del producto (aplicación de una ligera presión negativa, procesos herméticamente cerrados, etc.). Las medidas de precaución recomendadas para estos casos se comentan con más detalle en otros artículos de esta *Enciclopedia*.

TABLAS DE COMPUESTOS EPOXIDICOS

Tabla 104.45 • Identificación química.

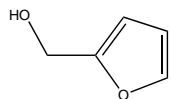
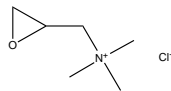
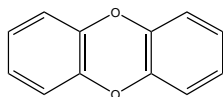
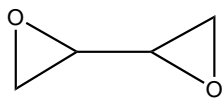
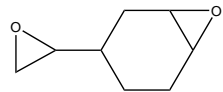
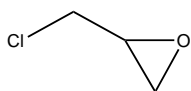
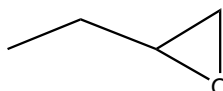
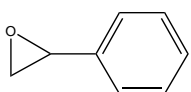
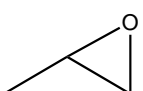
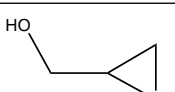
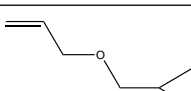
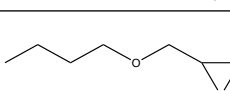
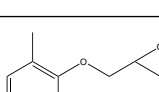
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ALCOHOL FURFURILICO	Furanmetanol; alcohol furfuralico; furfuralcohol; furilalcohol UN2874	98-00-0	
CLORURO DE (2,3-EPOXIPROPIL)TRIMETILAMONIO	Cloruro de glicidiltrimetilamonio; cloruro de oxiranometanamio; trimetilglicidilamonio; cloruro de N,N,N-trimetiloxiranometanamio	3033-77-0	
DIBENZO-p-DIOXINA	Dibenzodioxina; dibenzo(1,4)dioxina; dibenzo(b,e)(1,4)dioxina; dióxido de difenileno	262-12-4	
1,2,3,4-DIEPOXIBUTANO	Diepóxido de butadieno; diepóxido de 1,3-butadieno; diepoxibutano; 2,4-diepoxibutano	1464-53-5	
DIOXIDO DE VINILCICLOHEXENO	1,2-Epoxi-4-(epoxietil)ciclohexano; 1-epoxietil-3,4-epoxiciclohexano; 4-vinil-1,2-ciclohexen-diepóxido; dióxido de 1-vinil-3-ciclohexeno; dióxido de 4-vinil-1-ciclohexeno	106-87-6	
EPICLORHIDRINA	3-Cloro-1,2-epoxipropano; 1-cloro-2,3-epoxipropano; óxido de (clorometil)etileno; óxido de 3-cloro-1,2-propano UN2023	106-89-8	
1,2-EPOXIBUTANO	1-Butenóxido; óxido de butileno; óxido de 1,2-butileno; epoxibutano UN3022	106-88-7	
1,2-EPOXIETILBENCENO	1,2-Epoxi-1-feniletano; epoxiestireno; 1-fenil-1,2-epoxietano; óxido de feniletileno; fenil oxirano	96-09-3	
1,2-EPOXIPROPANO	2,3-Epoxipropano; óxido de metiletileno; propenóxido; óxido de propileno UN1280	75-56-9	
2,3-EPOXIPROPANOL	Alcohol epihidrinico; 2,3-epoxi-1-propanol; alcohol glicidilico; 3-hidroxi-1,2-epoxipropano	556-52-5	
ETER ALILGLICIDILICO	Eter alil-2,3-epoxipropilico; 1-(aliloxi)-2,3-epoxipropano; 1,2-epoxi-3-aliloxipropano; éter glicidilalilico UN2219	106-92-3	
ETER BUTILGLICIDILICO	Eter butilglicidilico; éter 2,3-epoxipropilbutilico; éter butil-2,3-epoxipropilico; butilglicidiléter; éter glicidilbutilico	2426-08-6	
ETER CRESILGLICIDILICO	Eter cresil glicidilico; cresilglicidiléter; éter glicidilmetilfenilico; 1,2-epoxi-3-(toliloxi)-propano	26447-14-3	

Tabla 104.45 • Identificación química.

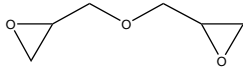
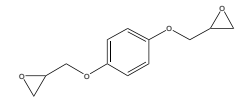
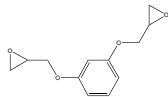
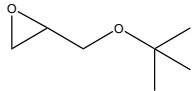
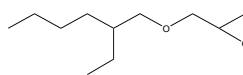
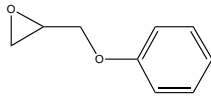
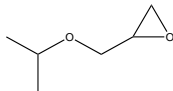
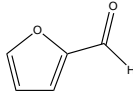
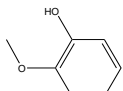

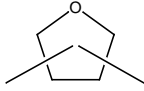

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ETER DIGLICIDILICO	Eter di(2,3-epoxi)propilico	2238-07-5	
ETER DIGLICIDILICO DE HIDROQUINONA		2425-01-6	
ETER DIGLICIDILICO DE RESORCINOL	1,3-Bis(2,3-epoxipropoxi)benceno; <i>m</i> -bis(glicidiloxi)benceno; 1,3-diglicidiloxibenceno; éter de diglicidilresorcinol; éter resorcinildiglicidilico	101-90-6	
1,1-ETER DIMETILETLGLICIDILICO	Eter <i>terc</i> -butil glicidilico; 1- <i>terc</i> -butoxi-2,3-epoxi-propano; ((1,1-dimetiletoxi)metil)-oxirano	7665-72-7	
2-ETER ETILHEXILGLICIDILICO	Eter glicidil-2-etilhexilico	2461-15-6	
ETER FENILGLICIDILICO	1,2-Epoxi-3-fenoxipropano; éter 2,3-epoxipropilfenilico; éter fenolglidilico; 3-fenoxi-1,2-epoxipropano; éter fenil-2,3-epoxipropilico	122-60-1	
ETER ISOPROPILGLICIDILICO	Eter glicidilisopropilico; éter isopropilglicidilico; óxido de 3-isopropiloxipropileno; ((1-Metiletoxi)metil)oxirano	4016-14-2	
FURFURAL	2-Furanaldehído; 2-furancarbal; 2-furancarboxaldehído; 2-furfural; 2-furilaldehído UN1199	98-01-1	
GUAYACOL	Hidroxianisol	90-05-1	
OXIDO DE ETILENO	Oxido de dimetileno; epoxietano; 1,2-epoxietano; etenóxido UN1040	75-21-8	
TETRAHIDRODIMETILFURANO	Tetrahidrodimetilfurano	1320-94-1	
TETRAHIDROFURANO	Oxido de butileno; óxido de ciclotetrametileno; óxido de dietileno; 1,4-epoxibutano; óxido de tetrametileno UN2056	109-99-9	

Tabla 104.46 • 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
ALCOHOL FURFURILICO 98-00-0	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, disnea, dolor de garganta Puede absorberse, sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor, lagrimeo, visión borrosa, hinchazón de los párpados Inconsciencia	Sis resp; ojos; piel; SNC Inh; abs; ing; con	Irrit ojos y muc; mar; náu, diarr; diuresis; depr resp y de la temperatura corporal; vómit; dermat
DIOXIDO DE VINILCICLOHEXENO 106-87-6	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos	Dificultad respiratoria, dolor de garganta Puede absorberse, enrojecimiento, hinchazón Enrojecimiento	Ojos; piel; sis resp; sangre; timo; sis repro [en animales: tumores en la piel] Inh; abs; ing; con	En animales: irrit ojos, piel y sis resp; atrofia testicular; leucopen; nec tímica; sens cutánea; [carc]
EPICLORHIDRINA 106-89-8	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	piel; asma; genes; sistema reproductor	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Dolor, sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, disnea, vómitos, cefalea, inconsciencia Puede absorberse, dolor, enrojecimiento, quemaduras graves en la piel Dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves Sensación de quemazón, espasmos abdominales, náuseas, vómitos, inconsciencia	Sis resp; piel; riñones; ojos; hígado; sis repro [en animales: cáncer nasal] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos y piel, con dolor profundo; náu, vómit; dolor abdom; sufrimiento resp, tos; cian; efectos repro; [carc]
1,2-EPOXIBUTANO 106-88-7	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, confusión, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, inconsciencia, los síntomas pueden tardar en aparecer Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento Dolor abdominal		
1,2-EPOXIPROPANO 75-56-9					Ojos; piel; sis resp [en animales: tumores nasal] Inh; ing; con	Irrit de ojos, piel y sis resp; ampollas, quemaduras; [carc]
2,3-EPOXIPROPANOL 556-52-5	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, irritante, mareo, narcosis, dificultad respiratoria Puede absorberse, enrojecimiento, irritante Enrojecimiento, potente irritante, dolor Dolor abdominal, irritante	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz y garganta; narco
ETER ALILGLICIDILICO 106-92-3	ojos; piel; tract resp	piel			Ojos; sis resp; piel; hígado; riñones Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, muc; edema pulm; en animales: les hepáticas y renales
ETER BUTILGLICIDILICO 2426-08-6	piel				Ojos; piel; sis resp; SNC; sangre Inh; ing; con	Irrit ojos, piel y nariz; sens; narco; posibles efectos hemato; depres SNC
ETER DIGLICIDILICO 2238-07-5					Piel; ojos; sis resp; sis repro [en animales: tumores en la piel] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; quemaduras en la piel; en animales: les en el sist hemato, pulmonar, hepático, renal; efectos repro; [carc]
ETER FENILGLICIDILICO 122-60-1					Ojos; piel; SNC; sist hemato; sis repro [en animales: cáncer nasal] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel y sis resp sup; sens cutánea; narco; posibles efectos repro y hemato; [carc]

Tabla 104.46 • 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 ISOPROPILGLICIDILICO 4016-14-2	ojos; piel; tract resp; SNC				Ojos; piel; sis resp; sangre; sis repro Inh; ing; con	Irrit ojos, piel y sis resp sup; sens piel; posibles efectos repro y hemato
FURFURAL 98-01-1	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	piel; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, cefalea, dificultad respiratoria, disnea, dolor de garganta Puede absorberse, enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, diarrea, cefalea, dolor de garganta, vómitos	Ojos; sis resp; piel Inh; abs; ing; con	Irrit de ojos, piel y sis resp sup; cefalea; derm
OXIDO DE ETILENO 75-21-8					Ojos; sangre; sis resp; hígado; SNC; riñones; piel; sis repro [cáncer peritoneal, leucemia] Inh; ing (líq); con	Irrit ojos, piel, nariz y garganta; sabor extraño; cef; náu, vómit, diarr; dis, cian, edema pulm; sop; desco; EKG anor; quemaduras en ojos y piel (líq o alta conc de vap); líq: congelación; efectos repro; [carc]; en animales: convuls; lesiones hepáticas y renales
TETRAHIDROFURANO 109-99-9	ojos; piel; tract resp; SNC	piel; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos	Mareo, cefalea, náuseas, inconsciencia Sequedad de piel, enrojecimiento, aspereza Enrojecimiento, dolor	Sis resp; piel; ojos; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos y sis resp sup; náu, mar; cef, depres SNC

Tabla 104.47 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ALCOHOL FURFURILICO 98-00-0		Se polimeriza por la influencia de ácidos fuertes, con peligro de incendio y explosión Reacciona violentamente con oxidantes fuertes o	6.1
DIOXIDO DE VINILCICLOHEXENO 106-87-6		En su combustión libera humos acres e irritantes activos (como alcoholes y aminas) Reacciona con compuestos de hidrógeno	
EPICLORHIDRINA 106-89-8		Se polimeriza por efecto del calor o por la influencia de ácidos fuertes, bases y contaminantes En su combustión libera humos tóxicos y corrosivos Reacciona violentamente con oxidantes fuertes aluminio, zinc, polvo de metales, alcoholes, fenoles, aminas (en especial anilina) y ácidos orgánico, con peligro de incendio y explosión Ataca el acero en presencia de agua Se descompone lentamente en contacto	6.1
1,2-EPOXIBUTANO 106-88-7	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia El vapor se mezcla con el aire y forma fácilmente mezclas explosivas Puede generar cargas electrostáticas como resultado de flujo, la agitación, etc.	Puede polimerizarse en contacto con ácidos, alcalis, estaño y cloruros de aluminio y hierro, con peligro de incendio o explosión	3

Tabla 104.47 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
1,2-EPOXIPROPANO 75-56-9			3
2,3-EPOXIPROPANOL 556-52-5		Se descompone en contacto con ácidos y bases fuertes, sales (cloruro de aluminio, cloruro férrico) o metales (cobre, zinc), con peligro de incendio y explosión Ataca el plástico y el caucho	
ETER ALILGLICIDILICO 106-92-3			3
FURFURAL 98-01-1	El vapor es más pesado que el aire	Se polimeriza por la influencia de ácidos o bases, con peligro de incendio o explosión Reacciona violentamente con oxidantes Ataca muchos plásticos	3
OXIDO DE ETILENO 75-21-8			6.1 / 2.1
TETRAHIDROFURANO 109-99-9	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	Puede formar peróxidos explosivos En su combustión se forma monóxido de carbono Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	3

Tabla 104.48 • 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)
ALCOHOL FURFURILICO 98-00-0	líquido incoloro o amarillento; líquido móvil transparente	171	-14,6	98,10	misc	1,1296	1,003	0,051	1,8 li 16,3 ls	75 ca	490
DIBENZO- <i>p</i> -DIOXINA 262-12-4			122-123	184,2	1 ppm @ 25 °C			4,125x10 <sup>-4</sup> mm Hg @ 25 °C			
1,2,3,4-DIEPOXIBUTANO 1464-53-5		138	-19	86,09	muy sol	1,113		6,9 mm Hg @ 25 °C.			
DIOXIDO DE VINILCICLOHEXENO 106-87-6	líquido incoloro	227	< -55	140,18	muy sol	1,0986	4,8	0,13		110 ca	
EPICLORHIDRINA 106-89-8	líquido móvil e incoloro	116	-48	92,5	misc	1,1801	3,29	1,6	3,8 li 21,0 ls	34 cc	385
1,2-EPOXIBUTANO 106-88-7	líquido incoloro	63,3	-150	72,12	95000 ppm @ 25 °C	0,837 @ 17 °C/4 °C	2,2	18,8	3,1 li 25,1 ls	-17	439
1,2-EPOXIETILBENCENO 96-09-3	líquido incoloro o color pajizo pálido	194,1	-35,6	120,1	insol	1,0523 @16 °C/4 °C	4,30	0,3 mm Hg		822 ca	498
1,2-EPOXIPROPANO 75-56-9	líquido etéreo incoloro	34,23	-112,13	58,08	muy sol	0,8304	2,0	445 mm Hg	2,3 li 36 ls		449
2,3-EPOXIPROPANOL 556-52-5	líquido incoloro, ligeramente viscoso	166-167 se descompone	-45	74,08	misc	1,115	2,15	0,12 @ 25 °C		72 cc	415
ETER ALILGLICIDILICO 106-92-3	líquido incoloro	154	-100	114,1	14,1%	0,9698	3,32 @ 25 °C	4,7 mm Hg @ 25 °C			
ETER BUTILGLICIDILICO 2426-08-6	líquido transparente incoloro	164		130,2	2 % sol	0,918	3,78 @ 25 °C	0,2		74 cc	



Tabla 104.48 • 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)
ETER CRESILGLICIDILICO 26447-14-3	líquido incoloro			164,20						93 ca	
ETER DIGLICIDILICO DE RESORCINOL 101-90-6	líquido amarillo paja	172 @ 0,8 mm Hg	32-33	222,2		1,21 @ 25 °C				177 ca	
ETER DIGLICIDILICO 2238-07-5	líquido incoloro	260		130,16		1,1195	3,78 @ 25 °C	0,09 mm Hg @ 25 °C			
1,1-ETER DIMETILETILGLICIDILICO 7665-72-7		152	-70	130,18		0,898					
ETER FENILGLICIDILICO 122-60-1	líquido incoloro	245	3,5	150,1	0,24 %	1,1092	4,37	0,01 mm Hg			
ETER ISOPROPILGLICIDILICO 4016-14-2	líquido móvil incoloro	137		116,18	18,8 %	0,9186	4,15	9,4 mm Hg @ 25 °C			
FURFURAL 98-01-1	líquido color ámbar; líquido incoloro recién preparado; líquido aceitoso entre incoloro y marrón rojizo	161,7	-36,5	96,08	sol	1,1594	3,3	0,144	2,1 li 19,3 ls	60 cc	316
GUAYACOL 90-05-1	masa cristalina entre blanca y ligeramente amarilla o entre incolora y amarillenta; prismas hexagonales; cristales o líquido	205	32	124,13	lig sol	1,1287 @ 21 °C/4 °C		0,103 mm Hg @ 25 °C			
OXIDO DE ETILENO 75-21-8	gas incoloro a temperatura y presión ambiente normales, líquido a temperaturas inferiores a 12 °C	10,7	-112,5	44,06	sol	0,8222 @ 10 °C/ 10 °C	1,49	1095 mm Hg	3 li 100 ls		
TETRAHIDROFURANO 109-99-9	líquido móvil incoloro	66	-108,3	72,1	sol	0,8892	2,5	19,3	2 li 11,8 ls	-145	321

## ESTERES, ACETATOS

Los acetatos se obtienen por esterificación del alcohol correspondiente con ácido acético o un compuesto anhidro que contenga un grupo acetato, eliminándose agua durante la reacción. Así, el acetato de metilo se obtiene mediante la esterificación del alcohol metílico con ácido acético, en presencia de ácido sulfúrico como catalizador. Esta reacción es reversible y por ello debe ser controlada con calor y eliminando el agua formada durante la misma. El acetato de etilo se obtiene mediante esterificación directa del alcohol etílico con ácido acético, un proceso que consiste en mezclar ácido acético con alcohol etílico en exceso y añadir pequeñas cantidades de ácido sulfúrico. El éster se separa y se purifica por destilación. El acetato de etilo se hidroliza fácilmente en agua, dando una reacción ligeramente ácida. En otro proceso, las moléculas del acetaldehído anhidro reaccionan en presencia de etóxido de aluminio para producir el éster, que se purifica mediante destilación. Los ésteres acetato de propilo y acetato de isopropilo se obtienen por reacción del ácido acético con el alcohol propílico correspondiente, en presencia de un catalizador.

Tanto el acetato de butilo como el acetato de amilo están formados por mezclas de isómeros. Así, el acetato de butilo está formado por acetato de *n*-butilo, acetato de *sec*-butilo y acetato de isobutilo. Se obtiene mediante la esterificación del *n*-butanol con ácido acético en presencia de ácido sulfúrico. El *n*-butanol se obtiene por fermentación del almidón con *Clostridium acetobutylicum*. El acetato de amilo es principalmente una mezcla de acetato de *n*-amilo y acetato de isoamilo. Su composición y sus características dependen de su grado. El punto de ignición de los distintos grados varía entre 17 y 35 °C.

### Usos

Los acetatos se utilizan como disolventes de nitrocelulosa, lacas, acabados de cuero, pinturas y plásticos. También se utilizan como aromatizantes y conservantes en la industria alimentaria, y como fragancias y disolventes en perfumería y cosmética. El *acetato de metilo*, mezclado generalmente con acetona y alcohol metílico, se utiliza en la industria de los plásticos y pieles artificiales, así como en la producción de perfumes, colorantes y lacas. El *acetato de etilo* es un buen disolvente de nitrocelulosa, grasas, barnices, tintas y barnices impermeabilizantes para aviones. También se utiliza en la producción de polvo fumífugo, pieles artificiales, perfumes, películas y placas fotográficas y seda artificial, como agente limpiador en la industria textil y como aromatizante en productos farmacéuticos y alimentos.

El *acetato de n-propilo* y el *acetato de isopropilo* se utilizan como disolventes de plásticos, tintes y nitrocelulosa en la producción de lacas. También se emplean en la fabricación de perfumes e insecticidas y en síntesis orgánicas. El *acetato de butilo* es un disolvente ampliamente utilizado en la producción de lacas de nitrocelulosa. También se emplea en la fabricación de resinas vinílicas, pieles artificiales, películas fotográficas, perfumes y en la conservación de alimentos.

En su forma comercial, el *acetato de amilo*, una mezcla de isómeros, se utiliza como disolvente de nitrocelulosa en la fabricación de lacas y como aromatizante, debido a que tiene un olor parecido al del plátano. También se emplea en la fabricación de pieles artificiales, películas fotográficas, vidrio artificial, celuloide, seda artificial y barnices para muebles. El *acetato de isoamilo* se utiliza en la tinción y el terminado de tejidos, para perfumar las

ceras para calzado y para fabricar sedas, pieles y perlas artificiales, películas fotográficas, adhesivos de celuloide, barnices impermeables y pinturas metálicas. También se emplea en la fabricación de vidrio artificial y sombreros de paja y como componente de lacas y soluciones endurecedoras. El *acetato sódico* se utiliza en el curtido del cuero, en fotografía, en galvanoplastia y como conservante cárnico, así como en la fabricación de jabones y productos farmacéuticos.

El *acetato de vinilo* se utiliza principalmente como producto químico intermedio en la producción de alcohol y acetales polivinílicos. También se emplea en lacas para el cabello y en la producción de pinturas en emulsión, materiales para acabados e impregnación y pegamentos. El *acetato de 2-pentilo* tiene los mismos usos que los demás acetatos y se emplea como disolvente de caucho clorado, pinturas metálicas, adhesivos, linóleo, papel lavable para paredes, perlas y recubrimiento de perlas artificiales.

### Riesgos

El *acetato de metilo* es inflamable y sus vapores forman mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales. Estos vapores, a concentraciones elevadas, pueden causar irritación de los ojos y las mucosas, así como cefalea, sopor, mareo, quemaduras en los ojos, lagrimeo, palpitaciones, sensación de opresión torácica y disnea. Se han producido algunos casos de ceguera por contacto de esta sustancia con los ojos.

El *acetato de etilo* es un líquido inflamable y produce un vapor que forma mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales. El acetato de etilo irrita la conjuntiva y las mucosas del tracto respiratorio. Los experimentos en animales demuestran que, a concentraciones muy elevadas, este éster tiene efectos narcóticos y letales. A concentraciones de entre 20.000 y 43.000 ppm puede producir edema pulmonar con hemorragia, síntomas de depresión del sistema nervioso central, anemia secundaria y alteraciones hepáticas. En personas expuestas a concentraciones más bajas se ha observado irritación de la nariz y la faringe, así como irritación de la conjuntiva con opacidad temporal de la córnea. Rara vez la exposición produce sensibilización de las mucosas y erupciones cutáneas.

El efecto irritante del acetato de etilo es menos intenso que el de los acetatos de propilo o de butilo. Estos dos isómeros del acetato de propilo son inflamables y sus vapores forman mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales. A concentraciones de 200 ppm pueden causar irritación ocular y, a concentraciones superiores, irritan también la nariz y la laringe. Se han descrito casos de irritación de la conjuntiva, opresión torácica y tos en trabajadores expuestos por motivos profesionales a estos ésteres, pero sin efectos permanentes o sistémicos. El contacto reiterado del líquido con la piel puede ocasionar su desengrasado y agrietamiento.

*Acetato de amilo.* Todos los isómeros y grados del acetato de amilo son inflamables y sus vapores forman mezclas inflamables con el aire. A concentraciones altas (10.000 ppm durante 5 h) puede resultar letal para las cobayas. Los principales síntomas descritos en casos de exposición profesional son cefalea e irritación de las mucosas de la nariz y de la conjuntiva, así como vértigo, palpitaciones, trastornos gastrointestinales, anemia, lesiones cutáneas, dermatitis y lesiones hepáticas. El acetato de amilo también provoca el desengrasado de la piel y la exposición prolongada a esta sustancia puede causar dermatitis. El *acetato de butilo* es considerablemente más irritante que el acetato de etilo. Además, puede provocar cambios de conducta similares a los observados con el acetato de amilo.

El *acetato de hexilo* y el *acetato de bencilo* se utilizan en la industria y son inflamables, pero puesto que su presión de vapor es baja, a menos que se calienten no es probable que den lugar a concentraciones de vapores inflamables. Los experimentos realizados en animales indican que las propiedades tóxicas de estos acetatos son más pronunciadas que las del acetato de amilo. No obstante, en la práctica su escasa volatilidad determina que el efecto en los trabajadores afectados se limite a una irritación local. No se dispone de información suficiente para evaluar los riesgos de esta sustancia.

El *acetato de ciclohexilo* puede ejercer un efecto narcótico sumamente intenso en animales y, experimentalmente, parece ser un

irritante más potente que el acetato de amilo. Sin embargo, tampoco en este caso existen datos suficientes sobre la exposición humana para evaluar los riesgos. Esta sustancia no tiende a acumularse en el organismo y muchos de sus efectos parecen ser reversibles.

El *acetato de vinilo* se transforma metabólicamente en acetaldehído, lo que hace pensar en un posible efecto carcinogénico. Por este motivo y por los resultados positivos obtenidos en los estudios con animales, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) lo ha clasificado en el Grupo 2B como posible carcinógeno humano. Además, esta sustancia química irrita el tracto respiratorio superior y los ojos y desengrasa la piel.

TABLAS DE ACETATOS

Tabla 104.49 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ACETATO DE AMILO	Ester amílico del ácido acético; éster entílico del ácido acético; éster amiloacético; aceite de pera; acetato de pentilo UN1104	628-63-7	
ACETATO DE <i>sec</i> -AMILO	2-Acetoxipentano; acetato de 1-metilbutilo; éster 2-pentílico del ácido acético; acetato de 2-pentilo UN1104	626-38-0	
ACETATO DE BENCILO	Ester fenilmetílico del ácido acético; $\alpha$ -acetoxitolueno; benciletanoato; acetato de fenilmetilo	140-11-4	
ACETATO DE BUTILO	Ester <i>n</i> -butílico del ácido acético; éster butílico del ácido acético; <i>n</i> -butilacetato; 1-butilacetato; butil etanoato UN1123	123-86-4	
ACETATO DE <i>sec</i> -BUTILO	Ester 2-butoxi del ácido acético; acetato de 2-butanol; <i>sec</i> -butilacetato; 2-butilacetato; éster <i>sec</i> -butílico del ácido acético UN1123	105-46-4	
ACETATO DE <i>terc</i> -BUTILO	Ester <i>terc</i> -butílico del ácido acético; éster 1,1-dimetilético del ácido acético; apreciador de plomo Texaco; TLA UN1123	540-88-5	
ACETATO DE CALCIO	Acetato marrón; diacetato cálcico; acetato gris; acetato de calcita; calcita pirolignita; Sorbo-calcio; Teltozan; sales de vinagre	62-54-4	
ACETATO DE CICLOHEXILO	Ester ciclohexílico del ácido acético; acetato de ciclohexanilo UN2243	622-45-7	
ACETATO DE ETILO	Ester etílico del ácido acético; éter acético; acetidina; acetoxietano; éster etilacético; etiletanoato; nafta de vinagre UN1173	141-78-6	
ACETATO DE FENILO	Acetilfenol; fenolacetato; éster fenílico del ácido acético	122-79-2	
ACETATO DE <i>sec</i> -HEXILO	Ester 1,3-dimetilbutílico del ácido acético; acetato de 1,3-dimetilbutilo; MAAC; acetato de metilamilo; acetato de metilisoamilo UN1233	108-84-9	
ACETATO DE ISOAMILO	Ester isopentílico del ácido acético; aceite de plátano; isoamiletanoato; acetato de alcohol isopentílico; acetato de isopentilo; acetato de 3-metilbutilo; aceite de pera	123-92-2	
ACETATO DE ISOBUTILO	Ester isobutílico del ácido acético; éster 2-metilpropílico del ácido acético; acetato de 2-metilpropilo UN1213	110-19-0	

Tabla 104.49 • Identificación química.

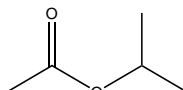
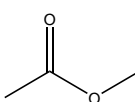
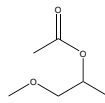
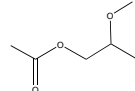
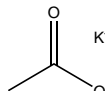
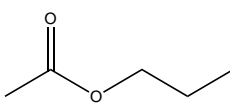
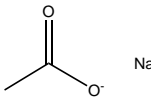
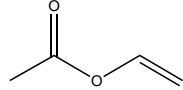
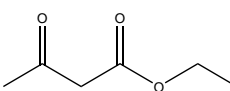
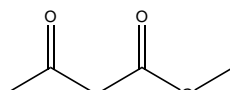
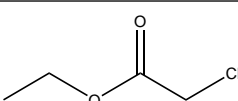
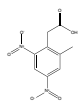
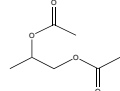
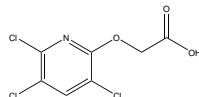
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ACETATO DE ISOPROPILO	Ester isopropílico del ácido acético; éster 1-metiletilico del ácido acético; 2-propilacetato UN1220	108-21-4	
ACETATO DE METILO	Ester metílico del ácido acético; Devoton; Tereton UN1231	79-20-9	
ACETATO DE 1-METOXI-2-PROPILO	Ester 2-metoxi-1-metiletilico del ácido acético; Dowanol (r); PMA; acetato de glicoléter; 1-metoxi-2-acetoxipropano; acetato del éter propilenglicolmonometílico;	108-65-6	
ACETATO DE 2-METOXI-1-PROPILO	Ester 2-metoxipropílico del ácido acético	70657-70-4	
ACETATO POTASICO	Sal diurética; sal potásica del ácido acético	127-08-2	
ACETATO DE PROPILO	Ester propílico del ácido acético; acetato de 1-propilo UN1276	109-60-4	
ACETATO SODICO	Sal sódica del ácido acético; acetato sódico anhidro	127-09-3	
ACETATO DE VINILO	Ester etenílico del ácido acético; éter etilénico del ácido acético; 1-acetoxietileno; éster etenílico del ácido etanoico; acetato de etenilo; eteniletanoato UN1301	108-05-4	
ACETOACETATO DE ETILO	Ester etílico del ácido acetoacético; éter diacético; EAA; acetato de etilacetilo; etilacetilacetato; etil-3-oxobutanoato; etil-3-oxobutirato; éster etílico del ácido 3-oxobutanoico	141-97-9	
ACETOACETATO DE METILO	Ester metílico acetoacético; metilacetatoacetato; acetilacetato de metilo; Metilacetilacetato; 3-oxobutanoato de metilo; 3-oxobutirato de metilo	105-45-3	
CLOROACETATO DE ETILO	Etilcloroacetato; etil-α-cloroacetato; etilcloroetanoato; etilmonocloroacetato UN1181	105-39-5	
o-CRESOL-4,6-DINITROACETATO	Ester 4,6-dinitro-o-cresílico del ácido acético	18461-55-7	
DIACETATO DE 1,2-PROPANODIOL	Diacetato de propilenglicol; diacetato de α-propilenglicol	623-84-7	
ESTER ((3,5,6-TRICLORO-2-PIRIDINIL)OXI)-, 2-BUTOXIETILICO DEL ACIDO ACETICO	Carlón 4; Carlón 4e; M 4021; éster 2-butoxi-etílico del ácido ((3,5,6-tricloro-2-piridinil)oxi)acético	64700-56-7	

Tabla 104.49 • Identificación química.

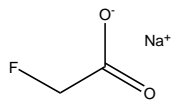
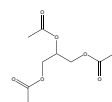
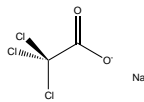
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
FLUOROACETATO SODICO	Sal sódica del ácido fluoroacético; monofluoroacetato sódico UN2629	62-74-8	
TRIACETINA	Enzactina; Fungacelina; triacetato de glicerol; triacetato de 1,2,3-propanotriol; triacetina; triacetilglicerina; Vanay	102-76-1	
TRICLOROACETATO SODICO; ACIDO TRICLOROACETICO, SAL SODICA	Herbicida ACP; TCA sódico Allied Arcadian; Antiperz; Antyperz; TCA; TCA Varitox	650-51-1	

Tabla 104.50 • 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 AMILO 628-63-7	ojos; piel; tract resp	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor, cefalea, dolor de garganta Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento Náuseas, dolor de garganta	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, nariz; derm; posible depres SNC, narco
ACETATO DE <i>sec</i> -AMILO 626-38-0	ojos; piel; tract resp	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, sopor, cefalea, dolor de garganta Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento Náuseas, dolor de garganta	Sis resp; ojos; piel Inh; con	Irrit ojos, piel, sis resp; tos, dis, sens pulm
ACETATO DE BUTILO 123-86-4	ojos; piel; tract resp	piel	Inhalación Piel Ojos	Tos, mareo, cefalea, náuseas Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp sup; cef; sop, narco
ACETATO DE <i>sec</i> -BUTILO 105-46-4	ojos; tract resp; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos	Sopor, cefalea, dolor de garganta, inconsciencia, debilidad Sequedad de piel Enrojecimiento, dolor	Ojos; piel; sis resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos; cef; sop; sequedad del sis resp sup, piel; narco
ACETATO DE <i>terc</i> -BUTILO 540-88-5					Sis resp; ojos; piel; SNC Inh; ing; con	Prurito, inflam ocular; irrit tract resp sup; cef; narco; derm
ACETATO DE CICLOHEXILO 622-45-7	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos	Sensación de quemazón, tos, cefalea, náuseas, dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento		
ACETATO DE ETILO 141-78-6	ojos; piel; tract resp; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, mareo, sopor, cefalea, náuseas, disnea, dolor de garganta, inconsciencia, debilidad Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, mareo, náuseas, dolor de garganta, debilidad	Ojos; piel; sis resp Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz y garganta; narco; derm
ACETATO DE FENILO 122-79-2			Piel Ojos	Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento		

Tabla 104.50 • 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 <i>sec</i> -HEXILO 108-84-9					Sis resp; SNC; ojos; piel Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz y garganta; cef; en animales: narco
ACETATO DE ISOAMILO 123-92-2	ojos; tract resp	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sopor, cefalea, dolor de garganta, debilidad Sequedad de piel Enrojecimiento Dolor abdominal, náuseas, dolor de garganta	Sis resp; SNC; ojos; piel Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz y garganta; cef; en animales: narco
ACETATO DE ISOBUTILO 110-19-0	ojos; piel; tract resp	piel	Inhalación Piel Ojos	Tos, mareo, cefalea, náuseas, dolor de garganta, inconsciencia, vómitos Sequedad de piel Enrojecimiento, dolor	Sis resp; SNC; ojos; piel Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp sup; cef, sop, anes; en animales: narco
ACETATO DE ISOPROPILO 108-21-4	ojos; tract resp; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, sopor, cefalea Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, mareo	Sis resp; SNC; ojos; piel Inh; ing; con	Irrit ojos, piel y nariz; derm; en animales: narco
ACETATO DE METILO 79-20-9	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, embotamiento, cefalea, dolor de garganta, inconsciencia, vómitos, los síntomas pueden tardar en aparecer Sequedad de piel, enrojecimiento, aspereza Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor abdominal, embotamiento, náuseas, vómitos, debilidad	Sis resp; piel; ojos; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz y garganta; cef, sop; atrofia del nervio óptico; opres. torác; en animales: narco
ACETATO DE 1-METOXI-2-PROPILO 108-65-6	ojos; tract resp; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, mareo, sopor, cefalea, náuseas Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, diarrea, inconsciencia		
ACETATO POTASICO 127-08-2	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos	Dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento		
ACETATO DE PROPILO 109-60-4	ojos; tract resp; SNC	piel	Inhalación Piel Ojos	Sensación de opresión torácica, náuseas, inconsciencia, vómitos Sequedad de piel Enrojecimiento, dolor	Sis resp; ojos; piel; SNC Inh; ing; con	En animales: irrit ojos, nariz y garganta; derm; narco
ACETATO SODICO 127-09-3	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos	Dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento		
ACETOACETATO DE ETILO 141-97-9			Inhalación Piel Ojos	Sensación de quemazón, tos, dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento		
FLUOROACETATO SODICO 62-74-8			Inhalación Piel Ojos Ingestión	Cconvulsiones, dificultad respiratoria, inconsciencia, vómitos Puede absorberse Visión borrosa Espasmos abdominales, dolor abdominal	SCV; sis resp; riñones; SNC; hígado Inh; abs; ing; con	Vómit; apre, alu auditivas; pares facial; contracción de los musc faciales; pulso irregular, latido cardiaco ectópico, taqui, fib ven; edema pulm; nistagmo; convuls; les hepáticas y renales

Tabla 104.50 • 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
2-METOXIACETATO DE ETILO 110-49-6	SNC	piel; hígado; riñones sangre	Inhalación  Piel  Ojos Ingestión	Confusión, mareo, cefalea, náuseas, inconsciencia, vómitos, debilidad  Puede absorberse, mareo, cefalea, náuseas, vómitos  Visión borrosa Dolor abdominal, sensación de quemazón, confusión, mareo, cefalea, náuseas, inconsciencia	Riñones; cerebro; SNC: SNP; ojos, sis resp, sis repro; sist hemato Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz y garganta; les renales y cerebrales; en animales: narco; efectos repro y terato

Tabla 104.51 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ACETATO DE AMILO 628-63-7	El vapor es más pesado que el aire	Reacciona con oxidantes, con peligro de incendio y explosión	Ataca muchos plásticos 3
ACETATO DE <i>sec</i> -AMILO 626-38-0	El vapor es más pesado que el aire	Se descompone al arder, liberando gases y vapores tóxicos ácidos fuertes, oxidantes fuertes y bases fuertes	Reacciona violentamente con Ataca muchos plásticos 3
ACETATO DE BUTILO 123-86-4		Se descompone lentamente en contacto con el aire o la humedad, produciendo ácido acético y <i>n</i> -butanol Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión Ataca muchos plásticos y resinas	3
ACETATO DE <i>sec</i> -BUTILO 105-46-4	El vapor se mezcla con el aire y forman fácilmente mezclas explosivas	En su combustión libera gases y vapores tóxicos (como monóxido de carbono) violentamente con nitratos, oxidantes fuertes, bases fuertes y ácidos fuertes, con peligro de incendio y explosión	Reacciona Ataca muchos plásticos 3
ACETATO DE <i>terc</i> -BUTILO 540-88-5			3
ACETATO DE CICLOHEXILO 622-45-7		Reacciona con oxidantes Reacciona en contacto con agua o humedad, produciendo ácido acético, con riesgo de corrosión lenta de los envases metálicos	3
ACETATO DE ETILO 141-78-6	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	Al calentarse puede sufrir una combustión violenta o explosión de la luz UV, las bases y los ácidos Al calentarse desprende humos tóxicos Reacciona con oxidantes, bases o ácidos fuertes Ataca muchos metales en presencia de agua Ataca los plásticos	Se descompone por influencia La solución en Ataca muchos 3
ACETATO DE FENILO 122-79-2		Reacciona con oxidantes	
ACETATO DE <i>sec</i> -HEXILO 108-84-9			3
ACETATO DE ISOAMILO 123-92-2	El vapor se mezcla con el aire y se forma fácilmente mezclas explosivas	Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	
ACETATO DE ISOBUTILO 110-19-0		Reacciona con oxidantes fuertes, nitratos, bases y ácidos fuertes, con peligro de incendio y explosión	3



Tabla 104.51 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ACETATO DE ISOPROPILO 108-21-4	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	Se descompone lentamente en contacto con el acero al exponerse al aire, produciendo ácido acético y alcohol isopropílico. Reacciona violentamente con materiales oxidantes. Ataca muchos plásticos	3
ACETATO DE METILO 79-20-9	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia; se puede acumular en espacios de techos bajos, produciendo deficiencia de oxígeno	Se descompone al calentarse o por efecto del aire, la luz UV o en contacto con bases, oxidantes fuertes o agua, con peligro de incendio y explosión. Es un potente agente reductor y reacciona con oxidantes. Ataca muchos metales en presencia de agua. Ataca los plásticos	3
ACETATO DE 1-METOXI-2-PROPILO 108-65-6		Reacciona con oxidantes fuertes	
ACETATO POTASICO 127-08-2	Posibilidad de explosión pulverulenta cuando se encuentra en forma de polvo o gránulos y se mezcla con el aire	En su combustión se producen óxidos de potasio y carbono. En contacto con ácidos fuertes produce humos de ácido acético. La solución en agua es una base de fuerza intermedia	
ACETATO DE PROPILO 109-60-4	El gas se mezcla con el aire y se forman fácilmente mezclas explosivas	Se descompone al arder, produciendo gases tóxicos o irritantes. Reacciona violentamente con materiales oxidantes. Ataca los plásticos	3
ACETATO SODICO 127-09-3	Posibilidad de explosión pulverulenta cuando se encuentra en forma de polvo o gránulos y se mezcla con el aire	Se descompone al calentarse por encima de los 120 °C o en contacto con ácidos fuertes, produciendo ácido acético. La solución en agua es una base de fuerza intermedia	
ACETATO DE VINILO 108-05-4			3
ACETOACETATO DE ETILO 141-97-9	El vapor es más pesado que el aire	Al calentarse desprende humos tóxicos. Reacciona violentamente con oxidantes, bases y ácidos	
CLOROACETATO DE ETILO 105-39-5			6.1
FLUOROACETATO SODICO 62-74-8			6.1
2-METOXIACETATO DE ETILO 110-49-6	El vapor es más pesado que el aire	Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	3

Tabla 104.52 • 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)
ACETATO DE AMILO 628-63-7	líquido	149	-71	130,2	lig sol	0,88	4,5	0,65 @ 25 °C	1,1 ls 7,5 li	25 cc	375
ACETATO DE <i>sec</i> -AMILLO 626-38-0	líquido	130–131	-148		lig sol	0,86	4,5	0,93	1,0 li 7,5 ls	32	380
ACETATO DE BENCILO 140-11-4	líquido de color agua	213	-51	150,17	lig sol	1,0550	5,2	1,9 mm Hg @ 60 °C		90 cc	460
ACETATO DE BUTILO 123-86-4	líquido incoloro	126	-77	116,2	lig sol	0,8826	4,0	2 @ 25 °C	1,7 li 7,6 ls	22 cc	420
ACETATO DE <i>sec</i> -BUTILO 105-46-4	líquido incoloro	112	-73,5	116,16	insol	0,8716	4,0	2,53	1,7 li 9,8 ls	167 cc	
ACETATO DE <i>terc</i> -BUTILO 540-88-5	líquido incoloro	97–98		116,1	insol	0,8665	4,0 @ pe		1,5 li ? ls		
ACETATO DE CICLOHEXILO 622-45-7	líquido	177	-77	142,2	insol	0,97	4,9	2		57	330
ACETATO DE ETILO 141-78-6	líquido transparente	77	-84	88,10	sol	0,9003	3,04	10	2,2 li 9 ls	72 ca	427
ACETATO DE FENILO 122-79-2	líquido móvil incoloro; líquido de color agua	196		136,14	lig sol	1,0780	4,7			80	
ACETATO DE <i>sec</i> -HEXILO 108-84-9	líquido incoloro	147,5	-64	144,2	0,08 g/100 ml	0,8805 @25 °C	5,0	3 mm Hg	0,9 li 5,0 ls	433 ca	
ACETATO DE ISOAMILLO 123-92-2	líquido incoloro	142	-78,5	130,18	lig sol	0,8670	4,5	0,53	1,0 li ? ls	25 cc	379
ACETATO DE ISOBUTILO 110-19-0	líquido incoloro	117	-99	116,2	lig sol	0,8712	4,0	1,7	1,3 li 10,5 ls	178 cc	423
ACETATO DE ISOPROPILO 108-21-4	líquido incoloro	90	-73,4	102,13	sol	0,8718	3,52	5,3 @ 17 °C	1,8 li 7,8 ls	2 cc	460
ACETATO DE METILO 79-20-9	líquido volátil incoloro	57	-98	74,08	muy sol	0,9330	2,8	21,7	3,1 li 16,0 ls	-10 cc	501
ACETATO DE 1-METOXI-2-PROPILO 108-65-6	líquido	146			18,5g/100 ml	0,96	4,6	0,5 @ 25 °C	1,5 li 7,0 @ 200 ls	47–48	
ACETATO POTASICO 127-08-2	polvo cristalino		292	98,14	muy sol	1,57@ 25 °C					
ACETATO DE PROPILO 109-60-4	líquido incoloro	101,6	-92	102,13	lig sol	0,836	3,5	3,3	2,0 li 8 ls	14 cc	450
ACETATO SODICO 127-09-3	polvo granular blanco o cristales monoclinicos incoloros		324	82,0	muy sol	1,528 @ 25 °C					611
ACETATO DE VINILO 108-05-4	líquido móvil incoloro; blanco (inestable)	72,5	-93,2	86,09	insol	0,932	3,0	115 mm Hg @ 25 °C	2,6 li 13,4 ls	-8 cc	402
ACETOACETATO DE ETILO 141-97-9	líquido incoloro	180,8	-45	130,14	muy sol	1,0282	4,48	0,1	1,0 li 54 ls	844 cc	295
ACETOACETATO DE METILO 105-45-3	líquido incoloro	171,7	27–28	116,11	38 g/100 ml	1,0762	4,0	0,7 mm Hg		77 ca	280

Tabla 104.52 • 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)
CLOROACETATO DE ETILO 105-39-5	líquido móvil de color agua	144	-21	122,6	insol	1,1585	4,23-4,46	10 mm Hg @ 37,5 °C		54	
FLUOROACETATO SODICO 62-74-8	polvo blanco		200 se descompone	100,02	sol			0,0 mm Hg			
TRIACETINA 102-76-1	líquido incoloro	259	-78	218,20	lig sol	1,1596	7,52	0,00248 mm Hg @ 25 °C	1,8 li ? ls	138 cc	433

## ESTERES ACRILICOS

### Usos

Los ésteres acrílicos se utilizan en la fabricación de resinas para el acabado del cuero y recubrimientos de materias textiles, plástico y papel. El *acrilato de metilo*, que produce la resina más dura de todos los ésteres acrílicos, se utiliza en la fabricación de fibras acrílicas como un comonomero del acrilonitrilo, puesto que su presencia facilita el hilado de las fibras. Se utiliza en odontología, medicina y farmacia y para la polimerización de residuos radiactivos. Esta sustancia se emplea también en la depuración de efluentes industriales y en la liberación programada y la desintegración de pesticidas. El *acrilato de etilo* es un componente de polímeros producidos por emulsión y solución para el recubrimiento superficial de materias textiles, papel y cuero. Asimismo, se emplea en la síntesis de aromas y fragancias; como aditivo en pastas para abrillantasuelos y selladores; en cremas para zapatos; y en la producción de fibras, adhesivos y aglomerantes acrílicos.

Más del 50 % del *metacrilato de metilo* producido se utiliza para fabricar polímeros acrílicos. En forma de polimetacrilato de metilo y otras resinas, se usa principalmente en forma de láminas plásticas, polvo de moldeo y extrusión, resinas de recubrimiento superficial, polímeros de emulsión, fibras, tintas y películas. El metacrilato de metilo sirve también para la fabricación de los productos conocidos como Plexiglas o Lucite que se emplean en prótesis dentarias plásticas, lentes de contacto duras y cementos. El *metacrilato de n-butilo* es un monómero para resinas, revestimientos, disolventes, adhesivos y aditivos para aceites y se utiliza en emulsiones para materias textiles, acabado de cuero y papel y en la fabricación de lentes de contacto.

### Riesgos

Como ocurre con muchos monómeros es decir, compuestos químicos que se polimerizan para formar plásticos y resinas, la reactividad de los acrilatos puede plantear riesgos para la salud y la seguridad en el trabajo cuando existen niveles de exposición suficientes. El acrilato de metilo es muy irritante y puede provocar sensibilización. Se han descrito algunos casos de lesiones hepáticas y renales asociadas a exposiciones crónicas. No existen pruebas concluyentes de carcinogénesis (Grupo 3: clasificable, según la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC)). Por el contrario, el acrilato de etilo está considerado como un carcinógeno del Grupo 2B (posible carcinógeno humano). Sus vapores son muy irritantes para la nariz, los ojos y el tracto respiratorio. Puede provocar lesiones de córnea y la inhalación de sus vapores en altas concentraciones causa edema pulmonar. Se han descrito algunos casos de sensibilización cutánea por contacto con acrilato de etilo líquido. El acrilato butílico exhibe propiedades biológicas similares a las de los acrilatos de etilo y metilo, si bien la toxicidad parece disminuir con el aumento de su peso molecular. También es una sustancia irritante que puede provocar sensibilización por contacto de la piel con el líquido.

Los metacrilatos se parecen a los acrilatos, pero su actividad biológica es menor. No ha podido demostrarse que provoquen cáncer en los animales. El metacrilato de metilo puede actuar como depresor del sistema nervioso central y se han dado casos de sensibilización en los trabajadores expuestos al monómero. El metacrilato de etilo comparte las propiedades del metacrilato de metilo, pero es mucho menos irritante. Al igual que los acrilatos, la potencia biológica de los metacrilatos disminuye con el aumento del peso molecular y el metacrilato de butilo, aunque es irritante, lo es menos que el metacrilato de etilo.

## TABLAS DE ACRILATOS

Tabla 104.53 • Identificación química.

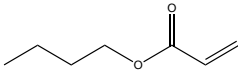
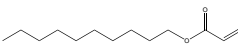
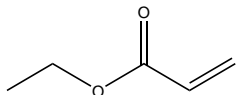

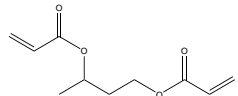
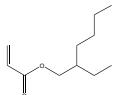
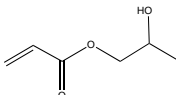
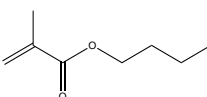
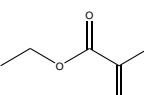
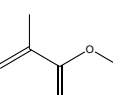
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ACRILATO DE BUTILO	Ester butílico del ácido acrílico; éster butílico del ácido 2-propenoico; acrilato de n-butilo; 2-propenoato de butilo UN2348	141-32-2	
ACRILATO DE DECILO	Ester decílico del ácido acrílico; acrilato de n-decilo; éster decílico del ácido 2-propenoico	2156-96-9	
ACRILATO DE ETILO	Ester etílico del ácido acrílico; Carboset 511; etoxicarboniletileno; propenoato de etilo; 2-propenoato de etilo UN1917	140-88-5	
ACRILATO DE METILO	Ester metílico del ácido acrílico; Curithane 103; metoxicarboniletileno; metilpropenoato UN1919	96-33-3	
DIACRILATO DE 1,3-BUTANODIOL	Diéster 1,3-butilenglicólico del ácido acrílico; éster 1-metiltrimetilénico del ácido acrílico; diacrilato de 1,3-butileno; diacrilato de 1,3-butilenglicol	19485-03-1	
2-ETILHEXIL ACRILATO	Ester 2-etilhexílico del ácido acrílico; 2-etilhexil-2-propenoato; acrilato de 2-etil-1-hexanol; octilacrilato; ácido 2-propenoico	103-11-7	
2-HIDROXIPROPIL ACRILATO	Ester 2-hidroxi-propílico del ácido acrílico; HPA; 1,2-propanodiol-1-acrilato; ácido 2-propenoico	999-61-1	
METACRILATO DE BUTILO	Ester butílico del ácido metacrílico; 2-metacrilato de butilo; 2-metil-2-propenoato de butilo; 2-metilbutilacrilato; éster 2-metilbutílico del ácido 2-propenoico UN2227	97-88-1	
METACRILATO DE ETILO	2-metilacrilato de etilo; 2-metil-2-propenoato de etilo; éster etílico del ácido metacrílico; éster 2-metiletilico del ácido 2-propenoico UN2277	97-63-2	
METACRILATO DE METILO	Diakon; éster metílico del ácido metacrílico; metilacrilato de metilo; metil-2-metil-2-propenoato; éster metílico del ácido 2-metil-2-propenoico; MME UN1247	80-62-6	

Tabla 104.54 • Riesgos para la salud.

Denominación química y 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
ACRILATO DE ETILO 140-88-5	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, disnea, dolor de garganta Enrojecimiento, quemaduras en la piel, dolor Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Dolor abdominal, dolor de garganta, vómitos	Sis resp; ojos; piel [en animales: tumores del aparato digestivo] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; [carc]
ACRILATO DE METILO 96-33-3	ojos; piel; tract resp	piel; hígado; riñones; pulmones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Mareo, cefalea, dificultad respiratoria, dolor de garganta Puede absorberse, sensación de quemazón, dolor, mareo, cefalea Enrojecimiento, dolor, sensación de quemazón Sensación de quemazón, vómitos	Sis resp; ojos; piel Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp superior
ETILHEXIL 2-ACRILATO 103-11-7	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sopor, cefalea, náuseas Puede absorberse, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, diarrea, mareo, dificultad respiratoria, vómitos		
2-HIDROXIPROPIL ACRILATO 999-61-1	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta Enrojecimiento, dolor, ampollas Dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves Espasmos abdominales, sensación de quemazón, debilidad	Ojos; piel; sis resp Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp; quemaduras en piel, ojos; tos,
METACRILATO DE ETILO 97-63-2	ojos; piel; tract resp	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, mareo, sopor, cefalea, náuseas, inconsciencia Sequedad de piel, enrojecimiento, aspereza, sensación de quemazón Lagrimo, enrojecimiento, dolor Confusión, vómitos		
METACRILATO DE METILO 80-62-6	ojos; piel; pulmones	piel; hígado; riñones			Ojos; sis resp; piel Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz, garganta; dermat

Tabla 104.55 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ACRILATO DE BUTILO 141-32-2			3
ACRILATO DE ETILO 140-88-5	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia Los vapores no se inhiben y pueden formar polímeros en respiraderos o parallamas, provocando taponamientos	Se polimeriza espontáneamente por calentamiento y en presencia de luz	3
ACRILATO DE METILO 96-33-3	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	Se polimeriza por calentamiento o por efecto de la luz con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	Reacciona 3

Tabla 104.55 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
2-ETILHEXIL ACRILATO 103-11-7		Se polimeriza por calentamiento en presencia de ácidos, álcalis, aminas, peróxidos u oxidantes	
2-HIDROXIPROPIL ACRILATO 999-61-1		Se polimeriza por calentamiento o por efecto de iniciadores o luz UV Se descompone al calentarse, liberando humos acres (ácido acrílico, acroleína)	8
METACRILATO DE BUTILO 97-88-1			3
METACRILATO DE ETILO 97-63-2	El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas	Se polimeriza violentamente por calentamiento y en presencia de luz o por contacto con oxidantes fuertes	3
METACRILATO DE METILO 80-62-6			3

Tabla 104.56 • 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)
ACRILATO DE BUTILO 141-32-2	líquido incoloro; monómero de color de agua	145	-64,6	128,2	insol	0,8898	4,8	4,9 mm Hg	1,5 li 9,9 ls	49 ca	292
ACRILATO DE DECILO 2156-96-9		158 @ 50 mm Hg		212,37	lig sol	0,8781				227 ca	
ACRILATO DE ETILO 140-88-5	líquido; incoloro	99,4	-71,2	100,11	lig sol	0,9234	3,45	3,9	1,4 li 14,0 ls	10 ca	372
ACRILATO DE METILO 96-33-3	líquido; prácticamente incoloro	80,5	-76,5	86,09	lig sol	0,9561	2,97	9,0	2,8 li 25,0 ls	-3 cc	468
DIACRILATO DE 1,3-BUTANODIOL 19485-03-1				198,21							
2-ETILHEXIL ACRILATO 103-11-7	líquido incoloro	214-218	-90	184,3	0,01 g/100 g	0,8869	6,35	< 0,1 Pa	0,8 li 6,4 ls	82	252
2-HIDROXIPROPIL ACRILATO 999-61-1	líquido	225		130,2	misc	1,06	4,5	5 Pa		99	
METACRILATO DE BUTILO 97-88-1	líquido incoloro	160	-75	142,2	insol	0,8936	4,8	4,9 mm Hg C	2,0 li 8,0 ls		
METACRILATO DE ETILO 97-63-2	líquido incoloro	117	< -75	114,1	lig sol	0,9135	3,9	2	1,8 li ? ls	35 ca	393
METACRILATO DE METILO 80-62-6	líquido incoloro	100,5	-48	100,1	lig sol	0,9440	3,6	40 mm Hg @ 25,5 °C	1,7 li 8,2 ls	10 ca	

## ESTERES, ALCANOATOS (EXCEPTO ACETATOS)

Los ésteres son compuestos orgánicos obtenidos por reacción entre un ácido orgánico o inorgánico y un alcohol, con eliminación de agua. También se pueden obtener por medio de otras reacciones, entre ellas las siguientes: haluros de ácidos con alcoholes o fenoles; cetonas con alcoholes o fenoles; o ácidos libres con diazoderivados alifáticos, especialmente el diazometano.

Los ésteres de ácidos minerales son líquidos. Los resultantes de ácidos alifáticos con alcoholes saturados son líquidos de olor agradable y fácilmente solubles en agua. Los ésteres aromáticos son menos volátiles y poseen un olor agradable. Los ésteres bencílicos son más irritantes que los correspondientes ésteres alifáticos. La mayoría de los poliésteres aromáticos son líquidos con una presión de vapor baja y un punto de ebullición muy alto. Dada la estabilidad de estos últimos compuestos, se utilizan mucho en la industria de los plásticos.

El *formiato de metilo* se obtiene calentando alcohol metílico con formiato sódico y ácido clorhídrico. El formiato de metilo así obtenido se separa por destilación. Es un buen disolvente de grasas, ácidos grasos, colodión y celuloide. Utilizado como disolvente industrial general, suele mezclarse con otros ésteres como el formiato de etilo, el acetato de metilo y el acetato de etilo.

### Riesgos

El *formiato de butilo* es inflamable y su vapor forma mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales. Irrita los ojos y las mucosas. Se absorbe por los pulmones y el tracto gastrointestinal. En estudios con animales se ha comprobado que provoca narcosis y edema pulmonar a concentraciones muy altas, pero no se ha registrado ningún caso de intoxicación industrial o accidental en seres humanos.

El *formiato de etilo* se obtiene calentando alcohol etílico con ácido fórmico en presencia de ácido sulfúrico y destilando el producto resultante. Es un líquido inflamable y sus vapores forman mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales.

En experimentos con animales, la inhalación de los vapores de esta sustancia causó temblores, depresión progresiva del sistema nervioso central y muerte por insuficiencia circulatoria y respiratoria, siendo la dosis narcótica semejante a la dosis letal. La intoxicación por formiato de etilo industrial no está bien documentada, aunque a concentraciones de 330 ppm, los trabajadores experimentan irritación de la conjuntiva y de las mucosas, que en ocasiones persiste varias horas después de haber cesado el contacto.

El *oxalato de etilo* se obtiene por un procedimiento estandarizado de esterificación, utilizando alcohol etílico y ácido oxálico. Es un líquido combustible, pero no produce concentraciones inflamables de sus vapores a temperatura ambiente. En el organismo se hidroliza para formar ácido oxálico, siendo éste último el responsable de los efectos tóxicos. No se conoce ningún caso de intoxicación letal por oxalato de etilo en la industria, pero siempre deben tenerse en cuenta sus posibles efectos tóxicos. En caso de exposición crónica en los seres humanos, se observa una disminución del recuento sanguíneo de hematíes y leucocitos, junto con una ligera eosinofilia y neutropenia.

El *formiato de metilo* es un líquido inflamable. El vapor forma mezclas explosivas con el aire a temperatura normal. Este éster puede ser absorbido por el organismo a través de los sistemas respiratorio y digestivo y también por vía percutánea. Tiene un efecto irritante y narcótico y, a concentraciones altas, puede producir narcosis, disnea, convulsiones, coma y muerte en animales de experimentación. En estas condiciones, los pulmones fueron los órganos más afectados (congestión, enfisema y edema), con hiperemia en los riñones, las glándulas suprarrenales, el hígado y las meninges. Puesto que el formiato de metilo suele utilizarse como ingrediente de mezclas de disolventes, es difícil determinar exactamente su sintomatología específica. Trabajadores expuestos a los vapores de un disolvente con 30 % de formiato de metilo sufrieron irritación de las mucosas, sensación de opresión torácica y disnea de intensidad variable; algunos experimentaron euforia, otros depresión. Un joven al que se le aplicó el éster en la cabeza como parasiticida desarrolló cianosis en 20 minutos y falleció por insuficiencia cardíaca.



## TABLAS DE ALCANOATOS (EXCEPTO ACETATOS)

Tabla 104.57 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
BENZOATO DE BENCILO	Ester fenilmetílico de ácido benzoico; éster benzoico de alcohol bencilico; bencenocarboxilato de bencilo; fenilformiato de bencilo; benilato	120-51-4	
BENZOATO DE BUTILO	Ester <i>n</i> -butílico de ácido benzoico; benzoato de <i>n</i> -butilo	136-60-7	
BENZOATO DE ETILO	Eter benzoico; éster etílico de ácido benzoico	93-89-0	
BENZOATO DE METILO	Ester metílico de ácido benzoico; bencenocarboxilato de metilo; benzoato de metilo UN2938	93-58-3	
BUTIRATO DE BUTILO	<i>n</i> -Butanoato de <i>n</i> -butilo; éster butílico de ácido butírico; butirato de <i>n</i> -butilo	109-21-7	
$\beta$ -BUTIROLACTONA	$\beta$ -Lactona de ácido 3-hidroxi-butanoico; lactona de ácido hidroxibutírico; lactona de ácido 3-hidroxi-butírico; 4-metil-2-oxetanona; 2-oxetanona de 4-metilo	3068-88-0	
CARBOFURANO	2,3-Dihidro-2,2-dimetilbenzofuranil-7-N-metilcarbamato; metilcarbamato de 2,3-dihidro-2,2-dimetilbenzofuran-7-ilo; 2,2-dimetil-7-cumaranil-N-metilcarbamato; 2,2-dimetil-2,3-dihidro-7-benzofuranil-N-metilcarbamato; éster 2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranílico de ácido metilcarbámico	1563-66-2	
CARBONATO DE DIETILO	Ester dietílico de ácido carbónico; carbonato dietílico; anhídrido etoxifórmico; carbonato etílico UN2366	105-58-8	
CARBONATO DE DIMETILO	Ester dimetílico de ácido carbónico; carbonato de metilo UN1161	616-38-6	
CLOROFORMIATO DE DECILO		55488-51-2	
CLOROFORMIATO ESTEARILICO		51637-93-5	
CLOROFORMIATO DE ETILO	Ester etílico de ácido clorofórmico; ECF; clorocarbonato de etilo UN1182	541-41-3	
CLOROFORMIATO DE FENILO	Ester fenílico de ácido clorofórmico; clorocarbonato de fenilo UN2746	1885-14-9	

Tabla 104.57 • Identificación química.

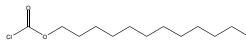
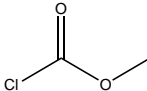
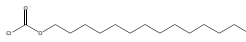
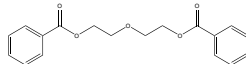
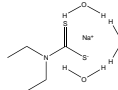
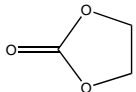
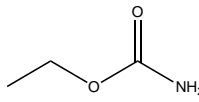
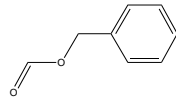
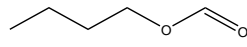
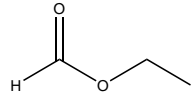
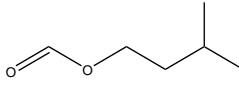
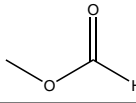
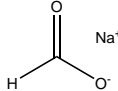
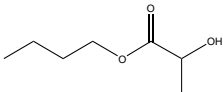
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
CLOROFORMIATO LAURILICO		24460-74-0	
CLOROFORMIATO DE METILO	Ester metílico de ácido clorocarbónico; éster metílico de ácido clorofórmico; MCF; cloruro de metoxicarbonilo; clorocarbonato de metilo UN1238	79-22-1	
CLOROFORMIATO MIRISTILICO		56677-60-2	
DIBENZOATO DE DIETILENGLICOL	Diéster de ácido benzoico con dietilenglicol; éster dietilenglicólico de dibenzoilo	120-55-8	
DIETILDITIOCARBAMATO SODICO	Sal sódica de ácido dietilditioarbámico; dietilditioarbámico sódico; ácido dietilditioarbámico sodio; ditiocarbamato dietílico sódico; ditiocarb; ditiocarbamato; dietilcarbamoeditoato sódico	148-18-5	
ESTER ETILENICO CICLICO DE ACIDO CARBONICO	Carbonato de etileno cíclico; 1,3-dioxolan-2-ona; dioxolona-2; carbonato de etileno; ácido etilencarbónico; carbonato de etilenglicol; carbonato cíclico de etilenglicol; carbonato de glicol	96-49-1	
ESTER ETILICO DE ACIDO CARBAMICO	Carbamato de etilo; etiluretano; uretano de etilo; o-etiluretano	51-79-6	
FORMIATO DE BENCILO	Formiato de alcohol bencilico; formiato bencilico; metanoato de bencilo; éster bencilico de ácido fórmico	104-57-4	
FORMIATO DE BUTILO	Ester butílico de ácido fórmico; formiato de n-butilo UN1128	592-84-7	
FORMIATO DE ETILO	Ester fórmico de etilo; metanoato de etilo; éster etílico de ácido fórmico; éter fórmico UN1190	109-94-4	
FORMIATO DE ISOAMILO	Ester isopentílico de ácido fórmico; metanoato de isoamilo; formiato de isopentilo; formiato de 3-metilbutilo	110-45-2	
FORMIATO DE METILO	Ester metílico de ácido fórmico; metanoato de metilo UN1243	107-31-3	
FORMIATO SODICO	Salachlor; sal sódica de ácido fórmico	141-53-7	
LACTATO DE BUTILO	Butil-2-hidroxiopropanoato; butil-a-hidroxiopropionato; éster butílico de ácido láctico; lactato de n-butilo; éster butílico de ácido 2-hidroxiopropanoico	138-22-7	

Tabla 104.57 • Identificación química.

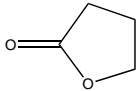
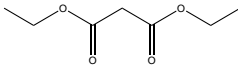


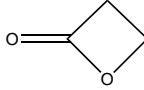
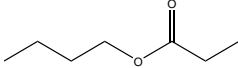
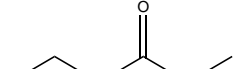

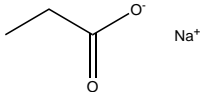
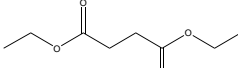

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
LACTONA DE ACIDO BUTIRICO	4-Butanoluro; 1,2-butanoluro; 1,4-butanoluro; $\gamma$ -lactona de ácido 4-hidroxibutírico; butirolactona; 4-butirolactona; butirilactona; lactona de butirilo; 2-(3H)-furanona dihidro	96-48-0	
MALONATO DE DIETILO	Ester carboxiacético; dicarboximetano; éster dietílico de ácido malónico; propanodiato dietílico; malonato de etilo; éster malónico; éster dietílico de ácido metanodicarboxílico; éster dietílico de ácido propanodioico	105-53-3	
OXALATO DE AMONIO	Sal diamónica de ácido etanodioico; sal diamónica de ácido oxálico	1113-38-8	
OXALATO DE ETILO	Etanodiato dietílico; oxalato dietílico; oxalato etílico UN 2525	95-92-1	
PROPIOLACTONA	$\beta$ -Lactona de ácido hidracrílico; lactona de ácido 3-hidroxipropionico; propanoluro; 3-propanoluro; 1,3-propiolactona; 3-propiolactona	57-57-8	
PROPIONATO DE BUTILO	Ester butílico de ácido propiónico UN1914	590-01-2	
PROPIONATO DE ETILO	Propionato etílico; éster etílico de ácido propanoico; éter propiónico UN1195	105-37-3	
PROPIONATO DE METILO	Propilato de metilo; éster metílico de ácido propanoico UN1248	554-12-1	
SAL SODICA DEL ACIDO PROPIONICO	Impedex; Mycoban; Napropion; Ocuseptine; sal sódica de ácido propanoico; propionato sódico	137-40-6	
SUCCINATO DE DIETILO	Ester dietílico de ácido butanodioico; succinato de etilo; éster dietílico de ácido succínico	123-25-1	
TRIBUTIRINA	Ester 1,2,3-propanotrílico de ácido butanoico; triglicérido butírico; glicerol-tributirato; tributiroina; glicérido tributirílico	60-01-5	

Tabla 104.58 • 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
CLOROFORMIATO DE ETILO 541-41-3	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, náuseas, disnea, dolor de garganta Enrojecimiento, quemaduras en la piel, sensación de quemazón, dolor, ampollas Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves Espasmos abdominales, dolor abdominal, debilidad		
CLOROFORMIATO DE METILO 79-22-1	ojos; piel; tract resp; pulmones		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, náuseas, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, dolor, ampollas Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves Dolor abdominal, sensación de quemazón, vómitos, debilidad, shock		
FORMIATO DE BUTILO 592-84-7	ojos; piel; tract resp; pulmones; CNS		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, embotamiento, sensación de quemazón en la garganta, dificultad respiratoria, disnea, dolor de garganta, inconsciencia, vómitos, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves Dolor abdominal, diarrea		
FORMIATO DE ETILO 109-94-4	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC; hígado; riñones	piel; hígado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, sopor, cefalea, disnea, dolor de garganta, inconsciencia Puede ser absorbido, enrojecimiento, sensación de quemazón Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, sensación de quemazón	Ojos; sist resp; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, sist resp superior; en animales: narc
FORMIATO DE METILO 107-31-3			Inhalación Ojos Piel	Tos, mareo, embotamiento, cefalea, dificultad respiratoria, disnea, inconsciencia Enrojecimiento Enrojecimiento	Ojos; sis resp; SNC Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, nariz; opresión torácica; dis; alt vis; depres SNC; en animales: edema pulm; narc
FORMIATO SODICO 141-53-7			Inhalación Ojos Ingestión	Tos, disnea Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, vómitos		
NITRATO DE <i>n</i> -PROPILO 627-13-4					Ojos; piel; sangre Inh; ing; con	En animales: Irrit ojos, piel; metahem, anoxia, cian; dis; deb, mar, cef
PROPIONATO DE BUTILO 590-01-2	ojos; piel; tract resp		Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, mareo, náuseas		
SAL SODICA DEL ACIDO PROPIONICO 137-40-6	ojos; piel; tract resp.					

Tabla 104.59 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
BENZOATO DE BENCILO 120-51-4	El vapor es más pesado que el aire	En su combustión libera vapores tóxicos e irritantes	
BENZOATO DE BENCILO DIETILENICO 120-55-8	El vapor es más pesado que el aire	En su combustión libera vapores acres	
BENZOATO DE METILO 93-58-3			6.1
CARBOFURANO 1563-66-2		Se descompone al calentarse o al arder	
CARBONATO DE DIETILO 105-58-8	El vapor se mezcla bien con el aire; se forman fácilmente mezclas explosivas	Reacciona con materiales reductores y bases fuertes fuertes, con peligro de incendio y explosión	Reacciona violentamente con oxidantes Ataca muchos plásticos y resinas 3
CARBONATO DE DIMETILO 616-38-6			3
CLOROFORMIATO DE ETILO 541-41-3	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	En contacto con superficies calientes o llamas, se descompone y forma cloruro de hidrógeno y fosgeno Se descompone al calentarse, liberando vapores tóxicos e irritantes, entre ellos cloruro de hidrógeno y fosgeno Reacciona en contacto con agua o vapor produciendo hidrógeno tóxico y corrosivo Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión Ataca muchos metales, especialmente en presencia de humedad	6.1/ 3/ 8
CLOROFORMIATO DE METILO 79-22-1	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 (HCl, fosgeno) Se descompone al calentarse o al arder en contacto con superficies calientes o llamas, liberando vapores tóxicos y corrosivos (cloruro de hidrógeno, fosgeno), con peligro de incendio Reacciona gradualmente con el agua, formando una sustancia corrosiva (cloruro de hidrógeno)	6.1/ 3
ESTER ETILICO DEL ACIDO CARBAMICO 51-79-6		Se descompone al calentarse, liberando vapores tóxicos (óxidos de nitrógeno)	
FORMIATO DE BUTILO 592-84-7	El vapor se mezcla bien con el aire; se forman fácilmente mezclas explosivas Se pueden generar cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc.	Se descompone al calentarse o al arder, liberando vapores acres e irritantes Reacciona violentamente con oxidantes fuertes	
FORMIATO DE ETILO 109-94-4	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, ácidos y bases	
FORMIATO DE METILO 107-31-3	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia El vapor se mezcla bien con el aire, se forman fácilmente mezclas explosivas	Reacciona vigorosamente con oxidantes	3
FORMIATO SODICO 141-53-7		Se descompone en oxalato sódico, hidrógeno y monóxido de carbono cuando se calienta a más de 253 °C y en contacto con ácidos, produciendo vapores de ácido fórmico	
PROPIONATO DE BUTILO 590-01-2		Reacciona con oxidantes fuertes	

Tabla 104.59 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
PROPIONATO DE ETILO 105-37-3			3
PROPIONATO DE METILO 554-12-1			3

Tabla 104.60 • 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)
BUTIRATO DE BUTILO 109-21-7		166	-91,5	144,21	insol	0,8700					
CLOROFORMIATO DE ETILO 541-41-3	líquido acuoso transparente	95	-80,6	108,5	insol	1,1403	3,7	5,5	3,2 li 27,5 ls	16 cc	500
CLOROFORMIATO DE METILO 79-22-1	líquido transparente	71	-61	94,50	insol	1,223	3,26	13,7	6,7	13 cc	510
DIACETATO DE $\alpha$ -PROPILENGLICOL 623-84-7		190,5		160,16	muy sol	1,059					
FORMIATO DE BENCILO 104-57-4		202-203		136,14	insol	1,081					
FORMIATO DE BUTILO 592-84-7	líquido	106	-91,5	102,13	lig sol	0,8885	3,5	5,33 @ 31,6 °C	1,7 li 8,0 ls	18 cc	322
FORMIATO DE ETILO 109-94-4	líquido móvil líquido acuoso transparente	54,4	-80	74,1	sol	0,9168	2,56	25,6	2,8 li 16,0 ls	-20 cc	440
FORMIATO DE ISOAMILLO 110-45-2		123,5	-93,5	116,15	lig sol	0,8857					
FORMIATO DE METILO 107-31-3	líquido incoloro	32	-99,8	60,05	muy sol	0,9742	2,07	64	5 li 23 ls	-19 cc	449
FORMIATO SODICO 141-53-7	crisales monocíclicos incoloros; polvo descompone cristalino o gránulos blancos	253 se descompone	253	68,02	97,2 g/100 ml	1,92					
GLICEROL-TRIBUTIRATO 60-01-5	líquido oleaginoso; incoloro	305-310	-75	302,4	insol	1,0350			0,5 li ? ls		
OXALATO DE ETILO 95-92-1	líquido oleaginoso e incoloro	185,7 °C @ 760 mm Hg	-38,5°C	146,14	lig sol; se descompone	1,0785 @ 20 °C / 4 °C	5,04	1 mm Hg @ 47 °C			
PROPIONATO DE BUTILO 590-01-2	líquido	146	-89	130,2	lig sol	0,8754	4,5	0,38		32	425
PROPIONATO DE ETILO 105-37-3	líquido incoloro	99	-73	102,1	lig sol	0,891	3,5		1,9 li 11 ls	12 cc	440
PROPIONATO DE METILO 554-12-1	líquido incoloro	79,7	-87	88,10	lig sol	0,915	3,03	84,04 mm Hg @ 25 °C	2,5 li 13,0 ls	-2 cc	469
SAL SODICA DEL ACIDO PROPIONICO 137-40-6	polvo granulado blanco; crisales transparentes, gránulos			96,07	lig sol						

## PROPIEDADES DE LOS ÉTERES

**ÉTERES**

Los éteres son compuestos orgánicos en los que el oxígeno actúa de enlace entre dos radicales orgánicos. La mayoría de los éteres de importancia industrial son líquidos, aunque el éter metílico es un gas y algunos éteres, como los de celulosa, son sólidos.

**Riesgos**

Los éteres de bajo peso molecular (*metílico, dietílico, isopropílico, vinílico y vinilisopropílico*) son altamente inflamables, con puntos de ignición por debajo de las temperaturas ambientales normales. En consecuencia, exigen la adopción de medidas para evitar la liberación de vapores en áreas donde puedan existir fuentes de ignición. Entre otras medidas de control, deben eliminarse todas las fuentes de ignición en las zonas donde puedan acumularse concentraciones apreciables de vapores de éter durante las operaciones normales, como el secado de hornos, o cuando pueda producirse la liberación accidental del éter, ya sea en forma líquida o gaseosa.

Al almacenarlos durante períodos prolongados en presencia de aire o bajo la acción de la luz solar, los éteres pueden formar peróxidos, con el consiguiente peligro de explosión. En los laboratorios, los recipientes de vidrio ámbar confieren protección, excepto frente a la radiación ultravioleta o la luz solar directa. Los inhibidores del tipo de la malla de cobre o la adición de una pequeña cantidad de un agente reductor no siempre son eficaces. Si no se necesita un éter seco, puede añadirse agua hasta un 10 % del volumen de éter. La agitación con sulfato ferroso al 5 % elimina los peróxidos. La característica toxicológica principal de los éteres no sustituidos es su efecto narcótico, pudiendo provocar pérdida de consciencia cuando la exposición es considerable y, como buenos disolventes de grasas que son, provocan dermatitis por contacto repetido o prolongado con la piel. La exposición a concentraciones excesivas puede evitarse recurriendo al confinamiento y a la ventilación. Las cremas protectoras y los guantes impermeables ayudan a evitar la irritación cutánea. En caso de pérdida de consciencia, debe retirarse a la persona afectada del

lugar contaminado y proporcionarle respiración artificial y oxígeno.

El principal efecto fisiológico de los éteres no halogenados que aparecen en las tablas adjuntas es la anestesia. Las exposiciones repetidas a concentraciones superiores a 400 ppm de éter etílico producen irritación nasal, inapetencia, cefalea, mareo y excitación, seguidos de somnolencia. El contacto repetido con la piel puede secarla y agrietarla. Se han descrito algunos casos de trastornos mentales como consecuencia de exposiciones prolongadas.

**Eteres halogenados**

Al contrario que los éteres no halogenados, los éteres halogenados suponen un grave riesgo industrial. Comparten la propiedad química de ser agentes alquilantes; es decir, pueden inducir la formación de enlaces químicos de grupos alquilo como grupos etílicos y metílicos con segmentos radicales de electrones (p. ej., -NH<sub>2</sub> en material genético y hemoglobina). Se cree que esta alquilación está estrechamente relacionada con el cáncer y se trata con más detalle en otros artículos de la *Enciclopedia*.

El *éter bis-(clorometílico) (BCME)* es un conocido carcinógeno humano (perteneciente al Grupo 1 de la clasificación de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC)). También es una sustancia extremadamente irritante. Los efectos carcinógenos del BCME se han demostrado en trabajadores expuestos a la sustancia durante un período de tiempo relativamente corto. Es probable que este reducido período de latencia se deba a la gran potencia del agente.

El *éter clorometilmetílico (CMME)* es también un conocido carcinógeno humano que, además, produce una intensa irritación. La exposición a vapores del CMME, incluso a concentraciones de tan solo 100 ppm, pueden poner en peligro la vida. Los trabajadores expuestos a estas concentraciones han experimentado graves efectos respiratorios, entre ellos edema pulmonar.

Salvo que existan evidencias de lo contrario, la prudencia dicta manipular todos los éteres halogenados con precaución y considerar a todos los agentes alquilantes como posibles cancerígenos. Los éteres glicidílicos se consideran en la familia de "compuestos epoxidílicos".

TABLAS DE ETERES

Tabla 104.61 • Identificación química.

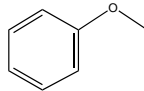
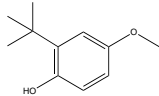
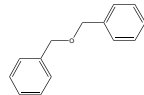
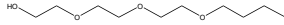
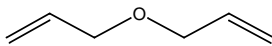
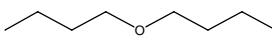
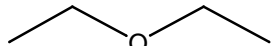
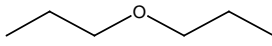
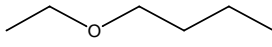
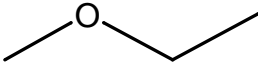
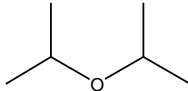
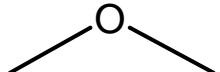
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ANISOL	Metoxibenceno; éter metilfenílico; éter fenilmetílico UN2222	100-66-3	
<i>tert</i> -BUTIL-4-HIDROXIANISOL	Antyoxine B; Antrancine 12; BHA; hidroxianisol butilado; butilhidroxianisol; <i>tert</i> -butilhidroxianisol; 1,1-dimetil-4-metoxifenol; Embanox; Nipantios 1-F; Protex; Pmerge plus; Sustane; Sustane 1-F; Vertac; Tenox BHA	25013-16-5	
ETER ALILFENILICO	(2-Propeniloxi)-benceno; USAF DO-23	1746-13-0	
ETER BENCILICO	Eter dibencilico	103-50-4	
ETER <i>n</i> -BUTILICO DE TRIETILENGLICOL	Butoxitrietilenglicol; butoxitriglicol; éter monobutílico de trietilenglicol	143-22-6	
ETER DIALILICO	Aliléter; dialiléter; 3,3'-oxibis-(1-propeno); éter propenílico UN2360	557-40-4	
ETER DIBUTILICO	1-Butoxibutano; éter butílico; óxido de dibutilo; 1,1'-oxibis-(butano)	142-96-1	
ETER DIETILICO	Oxido de dietilo; etoxietano; éter etílico UN1155	60-29-7	
ETER DIPROPILICO	Oxido de dipropilo; 1,1'-oxibispropano UN2384	111-43-3	
ETER ETILBUTILICO	Eter butiletílico UN1179	628-81-9	
ETER ETILMETILICO	Metoxietano; etoximetano; éter metiletílico UN1039	540-67-0	
ETER ISOPROPILICO	Eter diisopropílico; óxido de diisopropilo; 2-isopropoxipropano; isopropiléter UN1159	108-20-3	
ETER METILICO	Eter dimetílico; éter de la madera UN1033	115-10-6	



Tabla 104.61 • Identificación química.

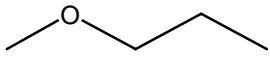
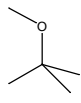
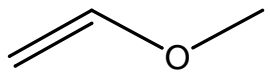
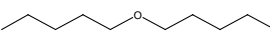
Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ETER METILPROPILICO	1-Metoxipropano; Metopryl; Neothyl UN2612	557-17-5	
ETER METIL- <i>terc</i> -BUTILICO	Eter <i>terc</i> -butilmetílico; 2-metoxi-2-metilpropano; éter metil-1,1-dimetilético UN2398	1634-04-4	
ETER METILVINILICO	Metoxieteno; éter vinilmetílico UN1087	107-25-5	
ETER PENTILICO	Eter amílico; éter diamílico; éter dipentílico; 1,1'-oxibispentano	693-65-2	

Tabla 104.62 • 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 <i>n</i> -BUTILICO DE TRIETILENGLICOL 143-22-6	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, irritación Puede absorberse, aspereza Irritación, dolor, visión borrosa, erosión Tos, mareo, sopor, náuseas		
ETER DIBUTILICO 142-96-1	ojos; piel; tract resp; SNC; hígado	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, sopor, dolor de garganta Sequedad de piel, enrojecimiento Enrojecimiento, dolor Sensación de quemazón en la boca, irritación bucal y abdominal, náuseas, dolor de garganta		
ETER DIETILICO 60-29-7	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	SNC	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sopor, cefalea, narcosis, inconsciencia, vómitos, anestesia Sequedad de piel Enrojecimiento, dolor Mareo, sopor, vómitos	SNC; piel; sis resp; ojos Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, sis resp superior; mar, sop, cef, excitación, narco; náu, vóm
ETER ISOPROPILICO 108-20-3	ojos; piel; tract resp; pulmones	piel	Inhalación Piel Ojos	Tos, sopor, dolor de garganta Enrojecimiento Enrojecimiento	Sis resp; piel; ojos; SNC Inh; ing; con	Irrit ojos, piel, nariz; molestias resp; derm; en animales: sop, mar, incon, narco
ETER METIL- <i>terc</i> -BUTILICO 1634-04-4			Inhalación Piel Ojos Ingestión	Tos, mareo, sopor, náuseas, inconsciencia, debilidad Sequedad de piel Enrojecimiento, dolor Dolor abdominal, mareo, náuseas, vómitos		

Tabla 104.63 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
ANISOL 100-66-3			3
ETER DI- <i>n</i> BUTILICO 142-96-1	Pueden generarse cargas electrostáticas por flujo, agitación, etc.	Puede formar peróxidos explosivos, especialmente en forma de anhídrido calentarse, liberando humos y vapores acres Reacciona con oxidantes violentamente con el tricloruro de nitrógeno (NCl <sub>3</sub> )	3
ETER DIETILICO 60-29-7	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.	Puede formar peróxidos explosivos por efecto de la luz y del aire con oxidantes, con peligro de incendio y explosión	3
ETER DIPROPILICO 111-43-3			3
ETER ETILBUTILICO 628-81-9			3
ETER ETILMETILICO 540-67-0			2.1
ETER FENILICO 101-84-8		Reacciona con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión	
ETER ISOPROPILICO 108-20-3	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	Puede formar fácilmente peróxidos explosivos cuando se desestabiliza y explotar al agitarse	3
ETER METILPROPILICO 557-17-5			3
ETER METIL- <i>terc</i> -BUTILICO 1634-04-4	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia El vapor se mezcla bien con el aire; se forman fácilmente mezclas explosivas Pueden generarse cargas electrostáticas por flujo, agitación, etc.	Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, con peligro de incendio	3
ETER METILVINILICO 107-25-5			2.1

Tabla 104.64 • 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/(k Pa)	Limit. inflam.	p.ig. (°C)	p.aut ig. (°C)
ANISOL 100-66-3	líquido móvil, color pajizo transparente	155	37,3	108,13	insol	0,9961	3,72	10 mm Hg @ 42,2 °C			475
ETER ALILFENILICO 1746-13-0		191,7		134,17	insol	0,9811					
ETER ALILICO 557-40-4		94		98,14	insol	0,8260					
ETER BENCILICO 103-50-4	líquido incoloro; amarillo muy pálido	298	3,6	198,25	insol	1,0428					
ETER <i>n</i> -BUTILICO DE TRIETILENGLICOL 143-22-6	líquido	278	-35,2	206,3	misc	0,9890		0,0025 mm Hg @ 25 °C		143 cc	
ETER DI- <i>n</i> -BUTILICO 142-96-1	líquido incoloro	142	-95,3	130,2	insol	0,7689	4,48	0,64	1,5 li 7,6 ls	37	194
ETER DIETILICO 60-29-7	líquido móvil, incoloro, transparente	34,6	-116,3	74,12	lig sol	0,7134	2,55	58,6	1,9 li 36,0 ls	-45 cc	180– 190
ETER DIMETILICO 115-10-6		-24,8	-141,5	46,07	sol						
ETER DIPROPILICO 111-43-3	líquido móvil	90	-122	102,17	lig sol	0,7360	3,53	62,5 mm Hg @ 25 °C		21 cc	188
ETER ETILBUTILICO 628-81-9		92,3	-124	102,17	insol	0,7490					
ETER ETILMETILICO 540-67-0	incoloro	10,8	-113	60,1	sol	0,7252 @ 0 °C/0 °C	2,1	760 mm Hg @ 7,5 °C	2 li 10,1 ls		
ETER FENILICO 101-84-8	crisales rómbicos monoclinicos; líquido o crisales incoloros	258	28	170,20	insol	1,075	5,86	2,8 Pa	0,8 li 1,5 ls	115	618
ETER ISOPROPILICO 108-20-3	líquido incoloro	68,5	-60	102,17	lig sol	0,7258	3,5	15,9	1,4 li 7,9 ls	-18 F	443
ETER METILPROPILICO 557-17-5		39,1		74,12	sol	0,738					
ETER METIL- <i>terc</i> -BUTILICO 1634-04-4	líquido incoloro	55,2	-109	88,1	sol	0,7405	3,0	32,7 @ 25 °C	1,6 li 15,1 ls	-28	224
ETER METILVINILICO 107-25-5	gas comprimido incoloro o líquido incoloro	12	-122	58,08	lig sol	0,7725 @ 0 °C/4 °C	2,0	1052 mm Hg	2,6 li 39 ls		287
MEZCLA DE ETER FENILICO Y BIFENILO 8004-13-5	líquido entre incoloro y pajizo	257,4	12	324,42	insol	1,06 @ 25 °C/ 25 °C		0,08 mm Hg @ 25 °C		124 ca	

TABLAS DE ETÉRES HALOGENADOS

Tabla 104.65 • Identificación química.

Producto químico	Sinónimos/Código UN	Número CAS	Fórmula estructural
ETER BIS-(4-AMINO-3-CLOROFENILICO)	Eter 3,3'-dicloro-4,4'-diaminodifenilico; 4,4'-oxibis-(2-cloroanilina); 4,4'-oxibis-(2-cloro-bencenamina)	28434-86-8	
ETER BIS-(CLOROMETILICO)	Cloro(clorometoxi)metano; éter clorometilico; éter 1,1'-diclorodimetilico; dimetil-1,1'-dicloroéter; oxibis-(cloro)metano UN2249	542-88-1	
ETER CLOROMETILMETILICO	Dimetilcloroéter; éter metilclorometilico; éter monoclorodimetilico UN1239	107-30-2	
ETER DICLOROETILICO	Eter bis-(2-cloroetilico); éter 1-cloro-2,2,2'-dicloroetilico; éter 2,2'-diclorodietilico; éter di-(2-cloroetilico); óxido de dicloroetilo; 1,1'-oxibis-(2-cloro)etano UN1916	111-44-4	
ETER DICLOROFENILICO	Eter diclorodifenilico; óxido de diclorodifenilo; dicloroéter fenilico	28675-08-3	
ETER DICLOROISOPROPILICO	Eter bis-(2-cloroisopropilico); éter bis-(2-cloro-1-metiletilico); éter bis-(1-cloro-2-propilico); éter (2-cloro-1-metiletilico) UN2490	108-60-1	
ETER PENTACLOROFENILICO	Eter pentaclorodifenilico; óxido de pentaclorodifenilo; éter fenilico pentaclorado	42279-29-8	
ETER TETRACLOROFENILICO	Eter fenilico tetraclorado; éter tetraclorodifenilico; óxido de tetraclorodifenilo	31242-94-1	
OXIDO DE DIFENILO CLORADO	Eter hexaclorofenilico; éter hexaclorodifenilico; óxido de hexaclorodifenilo; éter triclorodifenilico; óxido de triclorodifenilo	31242-93-0	

Tabla 104.66 • 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
BIS-(CLOROMETIL)ETER 542-88-1	ojos; piel; tract resp; piel; SNC; corazón	piel	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, mareo, cefalea, náuseas, los síntomas pueden tardar en aparecer Enrojecimiento, sensación de quemazón Enrojecimiento, dolor, visión borrosa Espasmos abdominales, dolor de garganta, vómitos	Sis resp; ojos; piel [cáncer de pulmón] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, muc, sis resp; congestión pulm, edema; lesión córn, nec; función pulm dism, tos, disn, resp sib; esputos sanguinolentos, secreciones bronquiales; [carc]

Tabla 104.66 • 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
CLOROMETILMETILETER 107-30-2	ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC	higado; riñones	Inhalación Piel Ojos Ingestión	Sensación de quemazón, tos, mareo, cefalea, dificultad respiratoria, náuseas, dolor de garganta Enrojecimiento, quemaduras en la piel, dolor, ampollas Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, pérdida de visión, quemaduras profundas graves Espasmos abdominales, vómitos	Sis resp; piel; ojos; mucosas [en animales: cáncer de piel y de pulmón] Inh; abs; ing; con	Irrit ojos, piel, muc; edema pulm, congestión pulm, neum; quemaduras en la piel, nec; tos, resp sib, esputos sanguinolentos; bajo-p; secreciones bronquiales; [carc]
ETER DICLOROETILICO 111-44-4					Sis resp; higado; ojos [en animales: tumores hepáticos] Inh; abs; ing; con	Irrit nariz, garganta, sis resp; lag; tos; náu, vómit; en animales: edema pulm; lesiones hepáticas; [carc]

Tabla 104.67 • Riesgos físicos y químicos.

Denominación química Número CAS	Físicos	Químicos	Clase o división UN/Riesgos subsidiarios
BIS-(CLOROMETIL)ETER 542-88-1	El vapor se mezcla bien con el aire; se forman fácilmente mezclas explosivas	Se descompone al calentarse y en contacto con agua, liberando vapores tóxicos y corrosivos de cloruro de hidrógeno y formaldehído Ataca muchos metales, resinas y plásticos	6.1
CLOROMETILMETILETER 107-30-2	El vapor es más pesado que el aire y puede desplazarse a ras del suelo; posibilidad de ignición a distancia	En su combustión libera gases y vapores tóxicos (fosgeno y cloruro de hidrógeno) y se descompone en contacto con agua, produciendo cloruro de hidrógeno y formaldehído Ataca muchos metales en presencia de agua	6.1/ 3
ETER DICLOROETILICO 111-44-4			6.1
ETER DICLOROISOPROPILICO 108-60-1			6.1

Tabla 104.68 • 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)
BIS-(CLOROMETIL)ETER 542-88-1	líquido incoloro	106	-41,5	114,97	reacciona	1,323 @ 15 °C/4 °C	4,0	14 Pa		cc	
CLOROMETILMETILETER 107-30-2	líquido incoloro	59	-103,5	80,5	se descompone	1,0605	2,8	25,3		0 cc	
ETER DICLOROETILICO 111-44-4	líquido incoloro, transparente	178	-51,9	143,01	insol	1,22	4,93	0,7 mm Hg		63 cc	369
ETER DICLOROISOPROPILICO 108-60-1	líquido incoloro	187	-96,8 a -101,8	171,07	insol	1,103	5,9	0,71– 0,85 mm Hg			