

BENCENO

Resumen

El benceno es un solvente industrial importante y un intermediario químico. Es bastante volátil y la foto-oxidación atmosférica es probablemente un proceso de destino importante. El benceno es un carcinógeno humano conocido, que causa leucemia en exposiciones individuales. Tiene también efectos adversos sobre el sistema hematopoyético. Se ha demostrado en animales experimentales, que este compuesto tiene efectos fetotóxicos y causa embrioletalidad. La exposición a altas concentraciones de benceno en el aire, causa depresión sobre el sistema nervioso central y efectos cardiovasculares; la exposición directa de la piel puede causar dermatitis.

Fórmula química: C_6H_6
Nombre IUPAC: Benceno

Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 78.12 g/g mol
Punto de ebullición: 80.1°C
Punto de fusión: 5.56°C
Gravedad específica: 0.879 a 20°C
Solubilidad en el agua: 1 780 mg/litro a 25°C
Solubilidad en orgánicos: Miscible con etanol, éter, ácido acético, acetona, cloroformo, disulfuro de carbono y tetracloruro de carbono.
Coeficiente de partición Log octanol/Agua: 1.95-2.13
Presión de vapor: 75 mm de Hg a 20°C
Densidad de vapor: 2.77
Punto de inflamación: -11.1°C

Transporte y destino

La volatilización es probablemente el proceso de transporte principal del benceno de las aguas superficiales al aire y su transporte atmosférico ocurre fácilmente. Aunque la oxidación directa del benceno en las aguas naturales es poco verosímil, los datos de la cámara de nubes indican que se puede foto-oxidar rápidamente en la atmósfera. En tanto que la volatilización es probablemente el principal proceso de transporte explicable para la remoción del benceno del agua, la destrucción atmosférica del benceno es su proceso de destino más factible. Los valores del coeficiente de partición log octanol/agua, indican que la adsorción dentro de materiales orgánicos, puede ser significativa bajo condiciones de exposición constante. Los procesos de sorción son los mecanismos de remoción idóneos en aguas superficiales y subterráneas. Aunque la bioacumulación potencial del benceno parece ser baja, probablemente la biodegradación gradual, ocurre por una variedad de microorganismos. La velocidad de biodegradación del benceno puede ser acrecentada por la presencia de otros hidrocarburos.

Efectos sobre la salud

El benceno es un carcinógeno humano reconocido. Varios estudios epidemiológicos proveen evidencia suficiente de una relación casual entre la exposición al benceno y la leucemia en humanos. El benceno es un inductor conocido de anemia aplásica en humanos, con un período latente de más de 10 años. Produce leucopenia y trombocitopenia, esta última puede progresar a pancitopenia. Efectos similares adversos en el sistema productor de células sanguíneas se presentan en animales expuestos al benceno. En animales y humanos, la exposición al benceno está asociada con daño cromosomal, aún cuando no es mutagénico en microorganismos. En animales experimentales resultó fetotóxico y causó embrioletalidad.

Una exposición a concentraciones muy altas de benceno [aproximadamente 20 000 ppm (66 000 mg/m³) en aire] puede ser fatal en minutos (IARC 1982). Los signos prominentes son depresión en el sistema nervioso central y convulsiones, originando la muerte como consecuencia de un colapso cardiovascular. Las exposiciones moderadas pueden provocar vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas y eventualmente inconsciencia si la exposición continúa. Muertes por sensibilización cardíaca y arritmias cardíacas también se han registrado después de exposiciones a concentraciones desconocidas. Sin embargo, la mayoría de los peligros del benceno se asocian con la exposición por inhalación; puede ocurrir una absorción de benceno líquido por la piel y un contacto prolongado o repetido con la piel puede producir ampollas, eritema y una dermatitis escamosa y seca.

Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Los valores EC₅₀ para el benceno en especies acuáticas de agua dulce para una variedad de invertebrados y vertebrados se encuentran dentro de un intervalo de 5 300 µg/litro a 386 000 µg/litro (USEPA 1980). Sin embargo, sólo los valores para la trucha irisada (su cuerpo presenta los colores del arco iris) (5 300 µg/litro) se obtuvieron en pruebas que se basaron en determinar las concentraciones. Los resultados fundamentados en las concentraciones no evaluadas en pruebas estáticas fueron probablemente para subestimar la toxicidad para compuestos relativamente volátiles como el benceno. Una prueba crónica con *Daphnia magna* quedó incompleta y a las concentraciones de prueba tan altas como 98 000 µg/litro no se observaron efectos adversos.

Para especies de agua salada, los valores críticos para una especie de pez y cinco especies de invertebrados varía de 10 900 µg/litro a 924 000 µg/litro. Especies de plantas de agua dulce y agua salada que se estudiaron presentaron efectos tóxicos a concentraciones de benceno que se encuentran dentro de un intervalo que comprende de 20 000 µg/litro a 525 000 µg/litro.

Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA*):

Vida acuática

Los datos disponibles no son adecuados para establecer criterios. Sin embargo, la EPA no reportó las mínimas concentraciones de benceno conocidas que pueden causar efectos tóxicos en los organismos acuáticos.

Agua dulce:

Toxicidad crítica: 5,300 $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: Dato no disponible

Agua salada:

Toxicidad crítica: 5,100 $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: Dato no disponible.

Salud humana

Se estima que los riesgos carcinogénicos asociados con la exposición de un tiempo de vida para varias concentraciones de Benceno en agua son :

Riesgo	Concentración
10^{-5}	6.6 $\mu\text{g/litro}$
10^{-6}	0.66 $\mu\text{g/litro}$
10^{-7}	0.066 $\mu\text{g/litro}$

Unidades de riesgo CAG (USEPA) : $2.9 \times 10^{-2} (\text{mg/kg/día})^{-1}$

Norma OSHA: 30 mg/m^3 TWA
75 mg/m^3 nivel del límite superior
150 mg/m^3 10-min nivel máximo

Valor del límite umbral ACGIH: Se sospecha que es carcinogénico para los humanos:

30 mg/m^3 TWA

75 mg/m^3 STEL

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.5 mg/l

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable: 0.005 mg/litro

Medidas de protección personal

Debe usarse siempre vestimenta de protección. La ropa mojada con benceno debe desecharse de inmediato. En áreas en las cuales la exposición es constante se debe usar ropa y guantes impermeables para cubrir las zonas expuestas del cuerpo. En áreas donde pueden

producirse salpicaduras debe usarse máscara o anteojos de protección. En las zonas donde hay elevadas concentraciones de vapor se requiere el uso de máscaras con filtro para vapor orgánico o "línea de aire", o bien aparatos de respiración.

Exposición ocupacional

El benceno se utiliza como constituyente de combustible para motores, disolventes de grasa, aceites, pinturas y caucho, en la extracción de aceite de semillas, nueces y en el grabado fotográfico de impresiones. También se utiliza como intermediario químico. Mediante los procesos de alquilación, cloración, nitración y sulfonación se producen sustancias químicas como el estireno, los fenoles y el anhídrido maléico. El benceno se usa además, en la manufactura de detergentes, explosivos, productos farmacéuticos y tinturas.

Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Bruñidores
Fabricantes de ácido carbónico
Impregnadores de productos de asbestos
Fabricantes de hexacloruro de benceno
Fabricantes de nitrobenceno
Fabricantes de ácido maléico
Fabricantes de adhesivos
Fabricantes de baterías secas
Fabricantes de colorantes
Trabajadores de la industria petroquímica
Terminadores de muebles
Trabajadores con clorobenceno
Fabricantes de detergentes
Soldadores
Químicos
Fabricantes de caucho
Fabricantes de estireno
Fabricantes de pegamentos
Fabricantes de masilla
Fabricantes de linoleo

BENCENOS CLORADOS

Resumen

Los clorobencenos son irritantes de las vías respiratorias y producen quemaduras en la piel. La exposición crónica puede provocar lesiones hepáticas, renales y pulmonares.

Propiedades físicas y químicas

Los bencenos clorados son anillos aromáticos con uno o más átomos de hidrógeno sustituidos por un cloro. Dentro de este grupo se encuentran:

a) Isómeros: 1,2-Diclorobenceno; 1,3-Diclorobenceno; 1,4-Diclorobenceno.

Fórmula química: $C_6H_4Cl_2$

Peso molecular: 147 g/g mol

b) Isómeros: 1,2,3-Triclorobenceno; 1,2,4-Triclorobenceno; 1,3,5-Triclorobenceno.

Fórmula química: $C_6H_3Cl_3$

Peso molecular: 182.5 g/g mol

c) Hexaclorobenceno.

Fórmula química: C_6Cl_6

Peso molecular. 288 g/g mol

Los compuestos con pocos átomos de cloro son en general, líquidos incoloros a la temperatura ambiente y poseen un olor aromático; los compuestos con más átomos de cloro sustituidos son cristales (monoclínicos).

Transporte y destino

No hay información disponible al respecto.

Efectos en la salud

Los clorobencenos son irritantes de la piel, la conjuntiva y las membranas mucosas de las vías respiratorias superiores. El contacto prolongado o repetido, puede causar quemaduras en la piel. La exposición aguda a estos compuestos puede causar somnolencia, falta de coordinación y pérdida del conocimiento. La exposición crónica puede producir lesiones hepáticas, renal y pulmonar; según se ha demostrado experimentalmente.

Toxicidad en animales domésticos y silvestres

En los animales la exposición a estos compuestos ha producido lesión hepática.

Reglamentación y normas

El estándar federal es:

1,2-Diclorobenceno 50 ppm ó 300 mg/m³
1,4-Diclorobenceno 75 ppm ó 450 mg/m³

Norma Técnica Ecológica Mexicana:

1,2-Diclorobenceno 4.3 mg/litro
1,4-Diclorobenceno 7.5 mg/litro
Hexaclorobenceno 0.13 mg/litro

Hasta la fecha no se han establecido valores límites umbrales para los demás compuestos.

Medidas de protección personal

Se recomienda el uso de respiradores en áreas donde haya altas concentraciones de vapor de alguno de los clorobencenos. Aplicar cremas, utilizar ropa protectora y tener una buena higiene personal.

Exposición ocupacional

El 1,2-Diclorobenceno se emplea como disolvente, fumigante, insecticida e intermediario químico. El 1,4-Diclorobenceno se utiliza como insecticida, intermediario químico, desinfectante y antipolillas. Otros clorobencenos no se usan tanto en la industria, pero sí como intermediarios químicos y en menor medida como insecticidas y disolventes.

Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Desinfectante de semillas
Fabricantes de colorantes
Fabricantes de desinfectantes
Fabricantes de desodorantes
Fabricantes de resinas
Fabricantes de insecticidas
Fumigadores
Manipuladores de acetatos de celulosa
Manipuladores de lacas
Pintores
Sintetizadores de sustancias químicas orgánicas
Tintoreros

CADMIO

Resumen

El cadmio es un metal que puede presentarse en una variedad de formas químicas en residuos o en el ambiente. Algunas formas son insolubles en agua, pero el cadmio es relativamente móvil en el ambiente acuático. Es carcinógeno en animales expuestos por inhalación y también lo puede ser en humanos. Es incierto si es carcinógeno en animales o humanos expuestos por vía de ingestión. El cadmio es conocido como una toxina animal teratogénica y reproductiva. Tiene efectos crónicos en el riñón y los niveles básicos de exposición humana son considerados para suministrar relativamente un margen pequeño de seguridad para estos efectos.

Información adicional

El cadmio es un metal suave, blanco azulado que se obtiene como un subproducto del tratamiento de minerales de cobre, plomo y hierro. Tiene una valencia de +2 y presenta propiedades similares a las del zinc. El cadmio forma compuestos orgánicos e inorgánicos. El sulfato de cadmio es la sal más común.

Fórmula química: Cd
Nombre de la IUPAC: cadmio

Propiedades Físicas y Químicas

Peso atómico: 112.41 g/g. mol
Punto de ebullición: 765°C
Punto de fusión: 321°C
Gravedad Específica: 8.642
Solubilidad en agua: Sus sales son solubles en agua; el metal es insoluble.
Solubilidad en orgánicos: Variable, según el compuesto.
Presión de vapor: 1 mm de Hg a 394°C

Transporte y destino

El cadmio es relativamente móvil en el ambiente acuático comparado con otros metales pesados (USEPA 1979). Se remueve del medio acuático por la formación de complejos con materiales orgánicos y posteriormente se adsorbe por los sedimentos. Parece ser que el cadmio se mueve lentamente a través del suelo, pero solamente está disponible una información limitada en el transporte de suelo. La asimilación de cadmio por las plantas no es un mecanismo significativo para el agotamiento por acumulación en el suelo pero puede ser significativo para la exposición humana.

Efectos sobre la salud

Hay una evidencia indicativa entre la vinculación del cadmio con el cáncer de próstata en los humanos (USEPA 1980). En animales de estudio, la exposición del cadmio por inhalación causa tumores pulmonares en ratas, y la exposición por inyección produce sarcomas en el sitio de la inyección y/o tumores de células-Leydig (Takenaka 1983, USEPA 1981). Un incremento en la incidencia de tumores no se ha visto en animales expuestos al cadmio oralmente, pero cuatro de los cinco estudios disponibles fueron inadecuados por normas comunes (Clement 1983).

La evidencia de un gran número de estudios sobre la mutagenicidad del cadmio es equivocada y se ha supuesto que no es directamente mutagénico pero impide la restauración (Clement 1983). El cadmio es conocido como una toxina animal teratogénica y reproductiva. Ha sido demostrado que causa una disfunción renal tanto en humanos como en animales. Otros efectos tóxicos que se le atribuyen al cadmio incluyen la inmunosupresión (en animales), anemia (en humanos), afección pulmonar (en humanos), posibles efectos en el sistema endócrino, defectos en la función sensorial y daño a los huesos. El LD₅₀ oral en las ratas fue 225 mg/kg (NIOSH 1983).

La intoxicación aguda por cadmio presenta síntomas como son disnea, edema pulmonar, debilidad, fatiga, anorexia, severas alteraciones hepáticas y renales; vómito, diarrea, náuseas, dolores abdominales y musculares. La intoxicación crónica por inhalación de humos causa enfisema y fibrosis pulmonar progresiva; alteraciones renales con proteinuria que se agrava con el transcurso de la exposición. Inicialmente, aparece eliminación urinaria de proteínas de bajo peso molecular, como la b-2-microglobulina (en la exposición ocupacional y ambiental, por la ingestión de alimentos con alto contenido de Cd.); astenia, anemia, glicosuria, aminoaciduria, hiperfosfaturia, aumenta la excreción de ácido úrico.

Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Experimentos de laboratorio sugieren que el cadmio puede tener efectos adversos en la reproducción de peces en niveles presentes en aguas alta o moderadamente contaminadas.

La LD₅₀ crítica para peces e invertebrados de agua dulce generalmente está en el rango de 100 a 1000 microgramos/litro; los salmones son mucho más sensitivos que otros organismos (USEPA 1980). Las especies de agua de mar fueron en general 10 o el doble de veces más tolerantes a los efectos agudos del cadmio. Se han realizado pruebas crónicas y muestran que presenta toxicidad acumulativa y relaciones crónicas-agudas con un rango de 66 a 431. Los factores de bioconcentración fueron casi siempre menores que 1 000 pero fueron tan altos como 10 000 para algunas especies de peces de agua dulce.

Reglamentación y Normas

Criterios de calidad del ambiente acuático (USEPA):

Vida acuática (Propuesto en 1984)

Agua dulce:

Toxicidad aguda: $\text{Exp}[1.3(\ln \{\text{dureza}\})-3.92]$ $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: $\text{Exp}[0.87(\ln \{\text{dureza}\})-4.38]$ $\mu\text{g/litro}$

Agua salada:

Toxicidad aguda: 38 $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 12 $\mu\text{g/litro}$

Salud humana

Criterio: 10 $\mu\text{g/litro}$

Unidades de riesgo CAG para exposición por inhalación (USEPA): 6.1
(mg/kg/día)⁻¹

Norma nacional primaria provisional para agua potable (USEPA): 10
 $\mu\text{g/litro}$

Norma recomendada por NIOSH: 40 $\mu\text{g/m}^3$ TWA
200 $\mu\text{g/m}^3$ /15 min nivel máximo

Norma OSHA: 200 $\mu\text{g/m}^3$ TWA
600 $\mu\text{g/m}^3$ nivel máximo

Valor del límite umbral ACGIH: 50 $\mu\text{g/m}^3$ TWA

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 1.0 mg/litro

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable: 0.005 mg/litro

Medidas de protección personal

Debe equiparse a los trabajadores con protección respiratoria efectiva, o bien con máscaras antipolvo, con respiradores para vapores, o provistos con línea de aire. La ropa debe cambiarse después de cada turno y proveerse ropa limpia a diario. No se debe comer en las áreas contaminadas. Los trabajadores deben bañarse después de cada turno y antes de vestir ropa de calle.

Exposición ocupacional

El cadmio es muy resistente a la corrosión y se usa como recubrimiento protector para el hierro, el acero y el cobre. Se aplica, por lo general, por medio de enchapado electrolítico, pero también es posible hacerlo en baño caliente o por rociado. En las aleaciones con níquel, cobre, oro, plata, bismuto y aluminio, el cadmio forma compuestos de fácil fusión. Estas aleaciones deben utilizarse como recubrimiento de otros materiales, por ejemplo, de

electrodos de soldadura a la temperatura, soldaduras, etc. También se utiliza en los electrodos de las baterías alcalinas y como adsorbente de neutrones en reactores nucleares. Es asimismo, un estabilizador de los plásticos de cloruro de polivinilo y desoxidante en el proceso del niquelado, sirve como amalgama en odontología y se usa en la manufactura de lámparas fluorescentes, semiconductores y células fotoeléctricas, en joyería, grabado industrial, la industria automotriz y aeronáutica y para reductores de tipo Jones.

Varios compuestos derivados del cadmio se usan como fungicidas, insecticidas, nematocidas, catalizadores de la polimerización y en pigmentos, pinturas y vidrio; se utiliza también en la industria fotográfica y del cristal. Además, es un contaminante de los fertilizantes de superfosfato.

La exposición puede tener lugar durante la fundición y la refinación de minerales de zinc, plomo o cobre que contengan cadmio y que durante el pulverizado, rociado, soldadura en frío o en caliente, cortado, enchapado al calor, tratamiento, fundición, aleación y en las operaciones de salvamento donde deben fundirse materiales que contienen cadmio.

Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Fabricantes de aleaciones
Fabricantes de amalgamas dentales
Fabricantes de baterías
Fabricantes de pinturas
Fabricantes de plaguicidas
Grabadores
Impresores de textiles
Metalizadores
Refinadores de zinc
Soldadores de arco

CLORDANO

Resumen

El clordano es un plaguicida organoclorado que anteriormente fue empleado en cultivos agrícolas y que actualmente se utiliza para el control de plagas en los hogares. El clordano grado técnico es una mezcla compleja que incluye a dos isómeros del clordano, heptacloro y dos isómeros del nonacloro. Es muy persistente en el ambiente y se bioacumula fuertemente en pescados y en otros organismos acuáticos. Origina tumores en el hígado de ratones y se obtuvieron resultados positivos de una prueba mutagénica. También tiene efectos adversos en la reproductividad en ratones y exposiciones crónicas originan cambios en el hígado y efectos irreversibles en el sistema nervioso central. El clordano es muy tóxico para los organismos acuáticos.

Información adicional

El clordano grado técnico es una mezcla compleja, sus principales componentes son cis-clordano y trans-clordano. El producto técnico también contiene una variedad de otros hidrocarburos clorados, incluyendo heptacloro. Es un líquido viscoso color ámbar.

Fórmula química: $C_{10}H_6Cl_8$

Nombre IUPAC: 1,2,4,5,6,7,8,8-Octacloro-2,3,3a,4,7,7a-hexahidro-4,7-metanoindano

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Cis-clordano: alfa-clordano
trans-clordano: gama-clordano Cloroindano Clortox

Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 409.8 g/g mol

Punto de ebullición: 175°C a 2 mm Hg

Punto de fusión: cis-clordano: 107-109°C

trans-clordano: 103-105°C

Gravedad específica: 1.59-1.635 a 16°C (clordano grado técnico)

Solubilidad en el agua: De 0.056 a 1.85 mg/litro a 25°C

Solubilidad en compuestos orgánicos: Miscible en solventes alifáticos y aromáticos (clordano grado técnico)

Coefficiente de partición Log octanol/ Agua: 2.78

Presión de vapor: 1×10^{-5} mm de Hg a 20°C (producto refinado)

Temperatura de inflamación: Mínimo 81°C (clordano grado técnico)

Transporte y destino

El clordano es muy persistente a la degradación química y biológica en el ambiente. En agua clara, es algo volátil y éste puede ser un proceso de pérdida importante. Cuando hay sustancias orgánicas presentes ocurre menos pérdida en los sistemas acuáticos. Se han detectado concentraciones altas con mayor frecuencia en los sedimentos que en el agua. De tal forma que el proceso de sorción en los sedimentos es un fenómeno importante para la remoción de compuestos químicos en el ambiente acuático. El clordano se une fuertemente a las partículas del suelo y persiste por años en él aún cuando se halla aplicado superficialmente. Sin embargo, el clordano se emplea como un emulsificante concentrado y se volatiliza más rápidamente que cuando se utiliza la formulación granular. Ciertos alimentos y cultivos comestibles acumulan sus residuos por absorción del suelo. Puede ocurrir un transporte atmosférico de vapor y de las partículas de polvo contaminante, provenientes de los suelos en donde se dispuso este compuesto.

Efectos sobre la salud

La mezcla de cis-clordano y trans-clordano produce cáncer del hígado en los ratones. El clordano también tiene efectos mutagénicos en al menos uno de los sistemas probados. Se han observado efectos sobre el proceso reproductivo de los hijos de ratones expuestos al clordano, incluyendo defectos de desarrollo y desórdenes neonatales metabólicos y bioquímicos. Las pruebas con animales de laboratorio, principalmente roedores, demostraron efectos tóxicos crónicos y agudos. El isómero solo o una mezcla de los dos, exhiben aproximadamente la misma toxicidad. Los efectos agudos incluyen: cefalea, excitabilidad, temblores, convulsiones, pérdida de peso, anorexia, confusión mental y delirio, trastornos respiratorios, coma y muerte. La exposición crónica al clordano causa cambios en el hígado e induce a suprimir una variedad grande de sistemas enzimáticos. Adicionalmente, el clordano puede actuar como un neurotóxico acumulativo. La LD₅₀ oral, en las ratas es de 283 mg/kg. El oxiclordano, un metabolito epóxido formado por alguno de los isómeros del clordano, tiene significativamente más toxicidad crítica que el clordano. La LD₅₀ oral de oxiclordano, administrado a las ratas, mezclado con aceite de maíz, es de 19 mg/kg y de 43 mg/kg cuando se suministra en suspensión acuosa.

La dosis oral crítica o exposición sobre la piel del clordano puede causar vómito, ataques, arritmia electroencefalográfica, convulsiones y muerte en humanos. Sin embargo, la mayoría de los resultados de toxicidad humana están inconclusos. El oxiclordano se ha encontrado en un alto porcentaje en las muestras de tejido adiposo humano y también en leche materna.

Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Los efectos del clordano se han visto en concentraciones relativamente bajas en algunos peces y especies de invertebrados. El clordano también muestra fuertes tendencias para la bioacumulación en algunos organismos acuáticos y terrestres. Este puede concentrarse a niveles de miles de veces en el ambiente acuático circundante, que incluye bacterias, algas, *Daphnia* y peces. El criterio de la USEPA para exposición crítica en especies de agua dulce es 2.4 µg/litro y es 0.17 µg/litro para exposición crónica. Los valores agudos

y crónicos correspondientes para especies de agua salada son 0.09 $\mu\text{g/litro}$, 0.0064 $\mu\text{g/litro}$ y 0.0040 $\mu\text{g/litro}$. La relación crónica-crítica es de 14. Existe muy poca información concerniente a la biotransformación del clordano. Aunque ésta puede ser importante para la degradación última del clordano, estos procesos probablemente son muy lentos

Los residuos de clordano u oxiclordano se han encontrado en una gran variedad de especies de animales domésticos y silvestres, pero generalmente en niveles relativamente bajos. Este compuesto no aparece en concentraciones altas en miembros superiores de la cadena alimenticia terrestre. Los estudios efectuados indican que el clordano puede producir efectos tóxicos en ciertos invertebrados terrestres, después de aplicarse superficialmente. Aunque hay poca información disponible, concerniente a su bioacumulación en estos organismos, resulta de interés la bioacumulación de oxiclordano o clordano en insectívoros terrestres. La información de los efectos tóxicos del clordano sí está disponible en animales domésticos y mamíferos silvestres. Se han encontrado residuos de oxiclordano o clordano en cultivos agrícolas, carne, peces y aves, productos lácteos y huevos. Los valores de clordano de las LD_{50} orales, en la dieta de especies de aves silvestres, van de 331 a 858 ppm (aproximadamente de 25 a 50 mg/kg). Las LD_{50} orales para una variedad de animales, incluyendo roedores, cabras, borregos y gallinas, fluctúan entre 100 y 1000 mg/litro.

Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática

Agua dulce:

Toxicidad crítica: 2.4 $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 0.0043 $\mu\text{g/litro}$

Agua salada:

Toxicidad crítica: 0.09 $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 0.0040 $\mu\text{g/litro}$

Salud Humana

Las estimaciones de los riesgos carcinogénicos asociados con exposiciones de tiempo de vida a varias concentraciones de clordano en agua son:

Riesgo	Concentración
10^{-5}	4.6 ng/litro
10^{-6}	0.46 ng/litro
10^{-7}	0.046 ng/litro

Unidades de riesgo CAG (USEPA). $1.6 (\text{mg/kg/día})^{-1}$

Norma OSHA (piel): 0.5 mg/m³ TWA

Valor límite umbral ACGIH (piel): 0.5 mg/m³ TWA
2 mg/m³ STEL

Departamento de transporte: líquido combustible

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.03 mg/l

Medidas de protección personal

La ventilación en el lugar de trabajo debe ser adecuada. El trabajador debe emplear gafas protectoras, guantes y delantales de neopreno. Para evitar la inhalación del clordano es recomendable utilizar mascarilla con filtro mecánico. Es importante reforzar la limpieza personal y trabajar con botas protectoras lavadas diariamente.

Exposición ocupacional

No hay información disponible al respecto

Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

No hay información disponible al respecto

CLOBENCENO

Resumen

El clorobenceno se usa como solvente y materia prima en la manufactura química. Es persistente en el medio ambiente y puede ser absorbido por la materia orgánica en suelos. El clorobenceno puede causar tumores en el hígado de los ratones machos. Animales expuestos al clorobenceno han presentado daño en el hígado y riñones. El clorobenceno no es muy tóxico para los organismos acuáticos; ninguno de los valores de LC_{50} son menores de 10 mg/litro.

Fórmula química: C_6H_5Cl

Nombre IUPAC: Clorobenceno

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Monoclorobenceno, cloruro de benceno, cloruro de fenilo

Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 112.6 g/g mol

Punto de ebullición: 131°C

Punto de fusión: -46°C

Gravedad específica: 1.11 a 20°C (líquido)

Solubilidad en agua: 500 mg/litro

Solubilidad en sustancias orgánicas: Soluble en alcohol, benceno, cloroformo, éter y tetracloruro de carbono

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 2.83

Presión de vapor: 8.8 mm Hg a 20°C

Densidad de vapor: 3.88 g/cm³

Constante de Henry: 3.56×10^{-3} atm m³ /mol a 25°C

Temperatura de inflamación: 28°C

Transporte y destino

Probablemente el clorobenceno se elimina del agua superficial primordialmente por volatilización, aún cuando la adsorción y la bioacumulación pueden ser también rutas de destino. Se esperaría que el clorobenceno se transportará lentamente en el suelo debido a su alto coeficiente de partición log octanol/agua y consecuentemente por su adsorción a la materia orgánica del suelo.

Efectos sobre la salud

Recientemente se completó un estudio de carcinogenicidad del clorobenceno por el Programa Nacional de Toxicología de E.U.A y los resultados preliminares mostraron que el clorobenceno causa nódulos neoplásicos en el hígado de ratas macho pero no es carcinogénico en ratas hembras y en ratones.

Estudios profesionales indican que la exposición crónica al vapor de monoclorobenceno causa discrasia sanguínea, hiperlipidemia y alteraciones cardiacas en humanos. Igual que muchos solventes orgánicos, el monoclorobenceno en sobreexposiciones en seres humanos es un inhibidor del sistema nervioso central, pero no se han reportado efectos neurotóxicos.

Las manifestaciones de intoxicación aguda incluyen: Irritación de los ojos y piel, cefalea, somnolencia, espasmos musculares, cianosis, metahemoglobinemia y leucocitosis. Los animales expuestos al clorobenceno en las pruebas han presentado daño al hígado y riñones y atrofia a los túbulos seminíferos. El valor por vía oral de LD₅₀ para ratas fué de 2910 mg/kg.

Toxicidad en animales domésticos y silvestres

El clorobenceno resultó un tóxico crítico para peces a niveles mayores de 25 mg/litro y para invertebrados acuáticos a niveles mayores de 10 mg/litro. En la literatura analizada no se encontraron estudios crónicos de la toxicidad del clorobenceno para vida acuática. El monoclorobenceno mostró tener un factor de bioacumulación de aproximadamente 1 000 en especies de agua dulce. Tampoco se encontró en la literatura estudios de animales silvestres terrestres o domésticos.

Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática

Los resultados disponibles no son los adecuados para establecer un criterio

Salud humana

Criterio de salud: 488 µg/litro

Criterio organoléptico: 20 µg/litro

Norma OSHA (aire): 350 mg/m³ TWA

Valor del límite umbral ACGIH: 350 mg/m³ TWA

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 100 mg/l

Medidas de protección personal

Buenas medidas preventivas son el uso de cremas, ropa protectora y una buena higiene personal. Se recomienda el uso de respiradores en áreas donde hay altas concentraciones de vapor.

Exposición ocupacional

El benceno clorado se utiliza como intermediario en las tinturas y como disolvente.

Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Desinfectantes de semillas
Fabricantes de colorantes
Fabricantes de desinfectantes
Fabricantes de desodorantes
Fabricantes de resinas
Fabricantes y manipuladores de insecticidas
Fumigadores
Manipuladores de acetato de celulosa
Manipuladores de lacas
Pintores
Sintetizadores de sustancias químicas orgánicas

CLOROFORMO

Resumen

El cloroformo (triclorometano) a menudo se produce durante la cloración del agua potable y por lo tanto es un contaminante común de esta misma. Es volátil en aguas superficiales y es probable que no sea persistente en el ambiente. El cloroformo causa un incremento en los tumores epiteliales del riñón en ratas y en carcinomas hepatocelulares en ratones. En suma, hay evidencias de estudios epidemiológicos que demuestran que el cloroformo y otros trihalometanos están asociados con un incremento en la incidencia de tumores en la vejiga en humanos. Otros efectos tóxicos del cloroformo incluyen depresión del sistema nervioso central; irritación gastrointestinal, de ojos y de piel; daño en el hígado, corazón y riñones.

Información adicional

Fórmula química: CHCl_3
Nombre IUPAC: Triclorometano

Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 119.38 g/g mol
Punto de ebullición: 61.7°C
Punto de fusión: -63.5°C
Gravedad específica: 1.4832 a 20°C
Solubilidad en agua: 8,200 mg/litro a 20°C
Solubilidad en orgánicos: Soluble en acetona; miscible con alcohol, éter, benceno y ligroína.
Coeficiente de partición Log octanol/Agua: 1.97
Presión de vapor: 150.5 mm Hg a 20°C
Densidad de vapor: 4.12 g/cm³

Transporte y destino

La volatilización en la atmósfera es el principal proceso de transporte para eliminar el cloroformo de sistemas acuáticos (USEPA, 1979). Una vez en la tropósfera, el cloroformo es atacado por radicales hidroxilos con la subsecuente formación de fosgeno (COCl_2) y posiblemente de radicales de óxido de cloro (ClO). Ninguno de los productos de estas reacciones es probable que persista; el fosgeno rápidamente se hidroliza a ácido clorhídrico y dióxido de carbono. La reacción con radicales hidroxilos es quizás la que se lleve a cabo primordialmente en el destino ambiental del cloroformo. Sin embargo, el cloroformo que queda en la tropósfera puede retornar a la tierra en las precipitaciones o adsorbido en partículas y una pequeña cantidad puede difundirse hacia la estratósfera mediante la fotodisociación por la interacción de la luz ultravioleta.

La fotólisis, hidrólisis y absorción no parecen ser procesos importantes de destino ambiental del cloroformo. Sin embargo, el proceso de absorción puede tener alguna importancia como mecanismo de remoción en aguas subterráneas y en el suelo. El coeficiente de partición log octanol/agua, indica que este compuesto puede bioacumularse bajo condiciones de exposición constante. Estudios con organismos marinos dan como evidencia de una débil a moderada bioacumulación. El cloroformo es algunas veces lipofílico y tiende a encontrarse en altas concentraciones en tejidos grasos pero esto no es evidencia para bioacumulación en cadenas alimenticias acuáticas.

Efectos sobre la salud

Se ha informado que la administración crónica del cloroformo por alimentación forzada produce un incremento en la dosis relativa, en la incidencia de tumores epiteliales de riñón en ratas y en carcinomas hepatocelulares en ratones (IARC 1979, USEPA 1980). Estudios epidemiológicos sugieren que concentraciones altas de cloroformo y otros halometanos en agua, probablemente están asociados con un incremento en la frecuencia de cáncer en la vejiga en humanos. Sin embargo, estos resultados no son suficientes para el establecimiento de causalidad. Se dió a conocer un incremento en la incidencia de anomalías fetales en la descendencia de ratas gestantes expuestas al cloroformo por inhalación. Dosis orales de cloroformo que causan toxicidad materna producen toxicidad fetal relativamente moderada que se manifiesta en la reducción de peso de los recién nacidos. Existen resultados limitados que sugieren que el cloroformo tiene una actividad mutagénica en algunos sistemas de prueba. Sin embargo, se han obtenido resultados negativos para ensayos mutagénicos bacterianos.

Los humanos pueden exponerse al cloroformo por inhalación, ingestión o contacto con la piel. Efectos tóxicos incluyen irritación local de la piel y ojos, depresión al sistema nervioso central, irritación gastrointestinal, daño al hígado y riñón, arritmia cardíaca, taquicardia ventricular, bradicardia e hipertensión arterial. Puede ocurrir muerte por sobredosis de cloroformo y se atribuye a la fibrilación ventricular. La anestesia con cloroformo puede producir una muerte lenta como resultado de la necrosis del hígado.

La exposición al cloroformo de animales de laboratorio por inhalación, administración intragástrica o inyección intraperitoneal, les produce daños al hígado y a los riñones. Los valores LD₅₀ oral y de inhalación LD₁₀ para las ratas son 908 mg/kg y 39 000 mg/m³ por 4 horas, respectivamente (ACGIH 1980).

Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Está limitada la información disponible concerniente a la toxicidad del cloroformo en organismos expuestos a concentraciones conocidas (USEPA 1980). Las concentraciones de efectos medios para dos especies de agua dulce y una especie de invertebrado varía de 28 900 a 115 000 µg/litro. Se reportaron valores de 27 días de LC₅₀ de 2 030 y 1 240 µg/litro en pruebas de larva-embrión con truchas irisadas (cuyo cuerpo exhibe los colores del arcoiris) en agua a dos niveles de dureza. El único resultado confiable concerniente a la toxicidad del cloroformo en la vida acuática de agua salada, es el valor LC₅₀ de 96 horas de 81 500 µg/litro para el camarón rosa.

Se determinó un factor de bioconcentración de equilibrio de 6 para peces de branquea azul, utilizando tejido de vida media de menos de 1 día. A pesar de que el cloroformo no se bioacumula fácilmente, se debe tener presente que se distribuye ampliamente en el ambiente y se puede detectar en pescados, pájaros acuáticos, y mamíferos marinos.

Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática

Agua dulce:

Los datos disponibles no son adecuados para establecer un criterio.

Salud humana

Se estima que los riesgos carcinogénicos asociados con la exposición de un tiempo de vida para varias concentraciones de cloroformo en agua son:

Riesgo	Concentración
10^{-5}	1.9 $\mu\text{g/litro}$
10^{-6}	0.19 $\mu\text{g/litro}$
10^{-7}	0.019 $\mu\text{g/litro}$

Unidades de riesgo CAG (USEPA): $8.1 \times 10^{-2} \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Norma nacional primaria provisional para agua potable (USEPA): 0.10 mg/litro (trihalometanos totales)

Norma recomendada por NIOSH: 9.8 mg/m³ 1-hr nivel del límite superior

Norma OSHA¹ : 244 mg/m³ nivel del límite superior

Valor del límite umbral ACGIH^{tt} : 50 mg/m³ (se sospecha que es carcinogénico para los humanos)

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 6.0 mg/l

Medidas de protección personal

Debe usarse ropa protectora y guantes para proteger la piel; y en áreas donde hay altas concentraciones de vapores es necesario el uso de máscaras

Exposición ocupacional

El cloroformo fue uno de los primeros anestésicos generales, pero su uso para este propósito se ha abandonado a causa de sus efectos tóxicos. Se utiliza sobre todo como disolvente (en especial en la industria de la laca) en la extracción y purificación de penicilina y otros productos farmacéuticos, en la manufactura de seda artificial, plásticos, pulidores de pisos y fluorocarbonos; en la esterilización de hilo quirúrgico.

Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Fabricantes de fluorocarbono
Fabricantes de medicamentos
Fabricantes de pulidores
Manipuladores de disolventes
Manipuladores y trabajadores de lacas
Químicos
Sintetizadores de seda

CLORURO DE METILENO

Resumen

El cloruro de metileno incrementa la incidencia de tumores en el hígado y los pulmones y sarcomas en ratas y ratones. Se encontró que es mutagénico en pruebas de sistemas bacterianos. En humanos, el cloruro de metileno irrita los ojos, la mucosa y la piel. Una exposición a altas concentraciones afecta adversamente al sistema nervioso central y periférico y al corazón. En animales experimentales se ha informado que el cloruro de metileno causa daño al riñón y al hígado, convulsiones y paresia.

Fórmula química: CH_2Cl_2

Nombre IUPAC: Diclorometano

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Dicloruro de metileno, dicloruro de metano

Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 84.93 g/g mol

Punto de ebullición: 40°C

Punto de fusión: -95.1°C

Gravedad específica: 1.3266 a 20°C

Solubilidad en el agua: 13200-20000 mg/litro a 25°C

Solubilidad en sustancias orgánicas: Miscible con alcohol y éter

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 1.25

Presión de vapor: 362.4 mm Hg a 20°C

Densidad de vapor: 2.93

Transporte y destino

Aparentemente la volatilización a la atmósfera es el mejor mecanismo para la remoción del cloruro de metileno de sistemas acuáticos y es el proceso de transporte ambiental más importante (USEPA 1979). Parece ser que la foto-oxidación en la tropósfera es el destino ambiental dominante del cloruro de metileno. En alguna ocasión en la tropósfera, el compuesto fue atacado por los radicales hidroxilo resultando la formación del dióxido de carbono, y en menor extensión, monóxido de carbono y fosgeno. El fosgeno es fácilmente hidrolizable a HCl y a CO_2 . Se esperaría que cerca del uno por ciento del cloruro de metileno de la tropósfera llegue a la estratósfera donde probablemente sufriría una disociación resultado de una interacción con radiación ultravioleta de alta energía. El transporte aéreo del cloruro de metileno es en cierto modo responsable de su relativa extensa distribución en el medio ambiente. El cloruro de metileno atmosférico puede retornar a la tierra por precipitación.

Parece ser que la fotólisis, la oxidación y la hidrólisis no son procesos de destino ambiental significativos para el cloruro de metileno y no existe una evidencia que sugiera que tanto la adsorción como la bioacumulación sean procesos de destino importantes para este

compuesto químico. Aún cuando el cloruro de metileno es potencialmente biodegradable, especialmente con microorganismos aclimatados, probablemente la biodegradación sólo ocurre a velocidades muy lentas.

Efectos sobre la salud

El cloruro de metileno está generalmente bajo revisión por el Programa Nacional de Toxicología de Estados Unidos (NTP, 1984; USEPA, 1985). Resultados preliminares indican que provoca e incrementa la incidencia de tumores de pulmón e hígado en ratones, y tumores mamarios en ratas hembras y machos. En un estudio de inhalación crónica, las ratas macho presentaron un incremento en la incidencia de sarcomas en la región ventral de la garganta (Burek et al, 1984). Sin embargo, los autores sugieren que la relevancia y la significancia toxicológica de estos hallazgos fueron levemente inciertos por los resultados de toxicidad disponibles. Se informó que el cloruro de metileno era mutagénico en pruebas de sistemas bacterianos. También ha manifestado resultados positivos en la prueba Fisher de transformación embriocelular de ratas. Aunque se ha sugerido que la capacidad de transformación celular observada pudo haberse debido a las impurezas presentes en el material de prueba, no existe una evidencia concluyente de que el cloruro de metileno pueda producir efectos teratogénicos.

En humanos, el contacto directo con el cloruro de metileno produce irritación en los ojos, vías respiratorias y en la piel (USEPA, 1985). Intoxicaciones leves debidas a la exposición por inhalación causan somnolencia, lasitud, adormecimiento y hormigueo de los miembros, anorexia, atolondramiento, seguidos de una recuperación rápida y completa. Intoxicaciones más severas generalmente llevan sus correspondientes alteraciones mayores del sistema nervioso central y periférico. El cloruro de metileno también tiene efectos tóxicos críticos en el corazón, incluyendo la inducción de arritmia. Se han denunciado muertes debido a la exposición de cloruro de metileno y se han atribuido a daños cardíacos y fallas del corazón. El cloruro de metileno es metabolizado a monóxido de carbono en vivo y después de una exposición crítica se han elevado los niveles de carboxihemoglobina en la sangre. En animales experimentales se informó que el cloruro de metileno causa daños al hígado y al riñón, convulsiones y paresia distal. Se reportaron valores de LD₅₀ por vía oral de 2 136 mg/kg, y por inhalación un LC₅₀ de 88 000 mg/m³/30 min para ratas.

Tóxicidad en animales domésticos y silvestres

Existe muy poca información concerniente a la toxicidad del cloruro de metileno en animales domésticos y silvestres (USEPA 1980). Valores críticos para especies de agua dulce *Daphnia magna*, el pez lerdo, y el pez branquia azul son 224 000, 193 000 y 224 000 µg/litro, respectivamente. Valores críticos para especies de agua salada, camarón y pez sargo, son 256 000 y 331 000 µg/litro, respectivamente. No hay resultados disponibles concernientes a la toxicidad crónica. Los valores de EC₅₀ por 96 horas para algas de agua dulce y salada son más grandes que las concentraciones de prueba más altas, 662 000 µg/litro.

Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática

Los resultados disponibles no son adecuados para establecer un criterio

Salud humana

Criterio: 12.4 mg/litro (para protección contra los efectos no carcinogénicos del cloruro de metileno)

Unidades de riesgo CAG (USEPA): 1.4×10^{-2} (mg/kg/día)⁻¹

Norma recomendada por NIOSH: 261 mg/m³ TWA en la presencia de no más de 9.9 mg/m³ de CO 1737 mg/m³ /15 min concentración máxima

Normas OSHA: 1737 mg/m³ TWA

3474 mg/m³ nivel máximo

6948 mg/m³ concentración máxima (5 min en 3 hr)

Valores del límite umbral ACGIH: 350 mg/m³ TWA

1740 mg/m³ STEL

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 8.6 mg/l

Medidas de protección personal

Debe utilizarse ropa de protección y guantes para prevenir el contacto con la piel y en áreas donde las concentraciones son elevadas han de usarse máscaras que cubran toda la cara.

Exposición ocupacional

El cloruro de metileno se utiliza sobre todo para extraer sustancias a bajas temperaturas sobre las cuales las altas temperaturas tienen un efecto adverso. Pueden utilizarse para disolver aceite, grasas, ceras, betunes, acetato de celulosa y ésteres. También se usa como removedor de pintura y como desengrasador.

Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Envasadores de aerosoles
Extractores de grasas
Fabricantes de anestésicos
Fabricantes de betún
Fabricantes de disolventes
Fabricantes de disolventes de pinturas
Fabricantes de resinas
Fabricantes de saborizantes
Desengrasadores
Desmanchadores
Procesadores de aceite
Pulidores de cuero

CLORURO DE VINILO

Resumen

El cloruro de vinilo es un carcinógeno humano que causa angiosarcomas del hígado y tumores en el cerebro, pulmones y el sistema hemolinfopoyético. Existe evidencia que sugiere que el cloruro de vinilo tiene efectos teratogénicos. Una exposición crónica humana al cloruro de vinilo se asocia con múltiples desordenes sistémicos, incluyendo síndrome esclerótico, acro-osteolisis y daño al hígado. Las exposiciones humanas críticas a altas concentraciones pueden causar narcosis, irritación al tracto respiratorio, bronquitis y disturbios en la memoria. Los animales que se someten a exposiciones crónicas a esta sustancia pueden presentar lesiones del hígado, riñones, bazo y pulmones.

Fórmula química: CH_2CHCl

Nombre IUPAC: Cloroetano

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Cloroetileno, VC, monocloroetileno

Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 62.5 g/g mol

Punto de ebullición: -13.37°C

Punto de fusión: -153.8°C

Gravedad específica: 0.9106 a 20°C

Solubilidad en agua: 1100 mg/litro a 25°C

Solubilidad en compuestos orgánicos: Soluble en alcohol, éter y tetracloruro de carbono

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 1.4 (estimado)

Presión de vapor: 2660 mm Hg a 25°C

Densidad de vapor: 2.15

Temperatura de inflamación: -77.8°C

Transporte y destino

La volatilización de los sistemas acuáticos y terrestres es el proceso de transporte más importante para la distribución de cloruro de vinilo en todo el ambiente. La vida media en sistemas acuáticos está en el intervalo de minutos a algunas horas, dependiendo de la temperatura, turbulencia del agua y eficiencia de mezcla. La foto-oxidación en la tropósfera es el destino ambiental dominante del cloruro de vinilo. El cloruro de vinilo reacciona fácilmente con los radicales hidróxilo formando ácido clorhídrico y cloruro de formilo. Cuando se forma el cloruro de formilo, se descompone rápidamente para producir monóxido de carbono y ácido clorhídrico. Se espera que el cloruro de vinilo presente en la atmósfera se destruya en uno o dos días. Se informó que durante la precipitación el ácido clorhídrico formado se remueve de la tropósfera.

Aparentemente, la fotólisis no es un proceso de destino importante en sistemas acuáticos. Además, la foto-oxidación destruye el cloruro de vinilo antes de que pueda extenderse en la estratosfera, donde la fotólisis directa puede ocurrir. Basándose en la información disponible, la hidrólisis, la absorción, la bioacumulación y la biodegradación no parecen ser procesos de destino ambientales importantes.

Efectos sobre la salud

El IARC considera que el cloruro de vinilo es un carcinógeno de primera categoría para el ser humano, originando angiosarcomas en el hígado, tumores en el cerebro, pulmón y en el sistema hemolinfopoyético de los humanos. El cloruro de vinilo es carcinógeno en ratones, ratas y hamsters; produce tumores en varias regiones, incluyendo angiosarcomas en el hígado después de una exposición oral o por inhalación. El cloruro de vinilo, tanto el vapor como en solución, es mutágeno en varios sistemas biológicos analizados. Además, en trabajadores cuya ocupación los obliga a estar expuestos al cloruro de vinilo, se han encontrado alteraciones cromosómicas que incluyen fragmentos, dicentricos, anillos, rupturas y aberturas. La evidencia de los efectos teratógenos y reproductivos es ambigua. Se ha observado en la descendencia de animales de experimentación, expuestos a la inhalación de cloruro de vinilo anomalías secundarias en el esqueleto y un incremento en la muerte de los fetos. En los humanos se presenta un incremento importante en la muerte de fetos en mujeres cuyos esposos estuvieron expuestos al cloruro de vinilo. También, hay un número excesivo de desórdenes del sistema nervioso central y deformaciones del tracto alimenticio superior, de los órganos genitales y en los pies de los niños que nacen vivos o muertos en las ciudades que cuentan con compañías de cloruro de vinilo. Sin embargo, se necesita de una investigación posterior antes de que se pueda establecer una relación absoluta entre los efectos observados y el cloruro de vinilo.

Las ocupaciones que involucran exposiciones críticas a altas concentraciones de cloruro de vinilo, pueden producir síntomas de narcosis en los humanos. También se puede presentar irritación en el tracto respiratorio, bronquitis, dolor de cabeza, irritabilidad, perturbaciones de la memoria y una sensación hormigueante. La exposición crónica al cloruro de vinilo se asocia con múltiples desórdenes sistémicos incluyendo el síndrome esclerótico, acro-osteoplasia, trombocitopenia y daño al hígado, consistiendo el daño a las células parenquimales, fibrosis en la cápsula del hígado, fibrosis de la periferia de la vena asociada con hepatomegalia y esplenomegalia. Las concentraciones reportadas que se encontraron en trabajadores de industrias que utilizan o producen cloruro de vinilo, varían completamente y pueden encontrarse dentro de un intervalo de menos del límite de detección hasta varios gramos por metro cúbico.

La exposición a una inhalación crítica de animales de experimentación, a altas concentraciones de cloruro de vinilo puede producir narcosis y muerte. El valor LC_{50} de 2 horas para ratas es 390 g/m^3 . Una exposición crónica de animales de experimentación origina el crecimiento de anomalías, lesiones histoquímicas e histopatológicas en el hígado, riñones, bazo y pulmones.

Toxicidad en animales domésticos y silvestres

No se cuenta con información disponible concerniente a la toxicidad del cloruro de vinilo en los animales domésticos y silvestres.

Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática

Los resultados disponibles no son los adecuados para el establecimiento de un criterio.

Salud humana

Se estima de los riesgos carcinógenos asociados con la exposición de un tiempo de vida para varias concentraciones del cloruro de vinilo en agua:

Criterio

Riesgo	Concentración
10^{-5}	20 $\mu\text{g/litro}$
10^{-6}	2.0 $\mu\text{g/litro}$
10^{-7}	0.2 $\mu\text{g/litro}$

Unidades de riesgo CAG (USEPA). $1.75 \times 10^{-2} \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Normas OSHA: 26 mg/m₃ TWA
13 mg/m₃/15 min nivel Ceiling

Valor del límite umbral ACGIH: Carcinógeno humano 10 mg/m³
Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.2 mg/l

Medidas de protección personal

En los lugares donde las concentraciones de cloruro de vinilo no satisfagan el límite, los trabajadores deben usar protección respiratoria, ya sea con respirador con tanque de aire, o bien cuando la concentración no es mayor de 25 ppm, máscaras para gas con filtro químico. En áreas donde hay riesgo debe usarse ropa de protección especial para prevenir el contacto del cloruro de vinilo o del cloruro de polivinilo con la piel.

Exposición ocupacional

El cloruro de vinilo se utiliza como monómero de vinilo en la manufactura del cloruro de polivinilo y otras resinas. También se utiliza como intermediario químico y como disolvente.

Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Fabricantes de caucho

Fabricantes de resinas de polivinilo

Sintetizadores de productos químicos orgánicos