

# CUADERNOS DE INVESTIGACION

NUMERO

2

MARZO, 1994

TRANSPORTE, DESTINO Y TOXICIDAD DE  
CONSTITUYENTES QUE  
HACEN PELIGROSOS A UN RESIDUO

María Esther Arcos Serrano  
Josefina Becerril Albarrán  
Margarita Espíndola Zepeda  
Georgina Fernández Villagómez  
María Eugenia Navarrete Rodríguez

DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

**Secretario de Gobernación**

Dr. Jorge Carpizo McGregor

**Subsecretaría de Protección Civil,  
Prevención y Readaptación Social**

Lic. Socorro Díaz Palacios

**Director General del CENAPRED**

Arq. Vicente Pérez Carabias

**Jefe de Expertos de la Agencia  
Internacional de Cooperación del Japón**

Dr. Tatsuo Murota

**Coordinador de Investigación del  
CENAPRED**

Dr. Roberto Meli

**Coordinador Difusión del CENAPRED**

Lic. Ricardo Cícero Betancourt

**Edición a Cargo de:** Violeta Ramos Radilla  
y Javier Lara Espinosa

**Distribución en México:** Coordinación de Enlace  
Nacional

**Distribución en el Exterior:** Coordinación de  
Asuntos Internacionales

Marzo - 1994, No. 2

PUBLICADO POR EL CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES DE LA  
SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

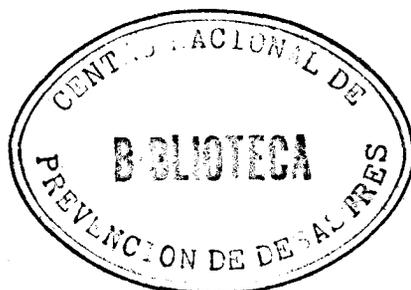
*EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES  
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS  
AUTORES*

## **Sistema Nacional de Protección Civil**

**DIRECTORIO DEL CENAPRED**

DIRECCIÓN GENERAL Arq. Vicente Pérez Carabias; COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Dr. Roberto Meli Piralla; COORDINACIÓN DE CAPACITACIÓN Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel; COORDINACIÓN DE DIFUSIÓN Lic. Ricardo Cícero Betancourt; COORDINACIÓN DE ENLACE NACIONAL Lic. Alberto Ruiz de la Peña; COORDINACIÓN DE ASUNTOS INTERNACIONALES Lic. Enrique Solórzano Mier; COORDINACIÓN DE PROGRAMAS Y NORMAS Lic. Federico Miguel Vázquez Juárez; COORDINACIÓN ADMINISTRATIVA C. P. Alfonso Macías Flores.

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES



TRANSPORTE, DESTINO Y TOXICIDAD DE  
CONSTITUYENTES QUE  
HACEN PELIGROSO A UN RESIDUO

María Esther Arcos Serrano  
Josefina Becerril Albarrán  
Margarita Espíndola Zepeda  
Georgina Fernández Villagómez  
María Eugenia Navarrete Rodríguez

COORDINACION DE INVESTIGACION  
AREA DE RIESGOS QUIMICOS

# CUADERNOS DE INVESTIGACION

## P R E S E N T A C I O N

---

La Coordinación de Investigación del Centro Nacional de Prevención de Desastres realiza estudios sobre las características de los fenómenos naturales y de las actividades humanas que son fuentes potenciales de desastres, así como sobre las técnicas y medidas que conducen a la reducción de las consecuencias de dichos fenómenos.

Las actividades enfocan la problemática de los Riesgos Geológicos (Sismos y Volcanes), de los Riesgos Hidrometeorológicos (Inundaciones, Huracanes, Sequías, Erosión) y de los Riesgos Químicos (Incendios, Explosiones, Contaminación por Desechos Industriales).

Los resultados de los estudios se publican en Informes Técnicos que se distribuyen a las instituciones y los especialistas relacionados con cada tema específico.

En adición a dichos informes técnicos de carácter muy especializado, el CENAPRED ha emprendido la publicación de esta serie, llamada CUADERNOS DE INVESTIGACION, con el fin de dar a conocer a un público más amplio aquellos estudios que se consideran de interés más general o que contienen información que conviene quede publicada en una edición más formal que la de los Informes Técnicos.

Los Catálogos de Informes Técnicos y de Cuadernos de Investigación, así como las publicaciones específicas pueden obtenerse solicitándolos por escrito a la Coordinación de Investigación del CENAPRED, o pueden consultarse directamente en su Unidad de Información.

## CONTENIDO

PREFACIO .....	iii
INTRODUCCION .....	1
ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO .....	7
ACIDO 2-(2,4,5-TRICLOROFENOXI)-PROPIONICO .....	10
ACRILONITRILLO .....	12
ARSENICO .....	16
BARIO .....	20
BANCENO .....	23
BENCENOS CLORADOS .....	27
CADMIO .....	29
CLORDANO .....	33
CLOROBENCENO .....	37
CLOROFORMO .....	40
CLORURO DE METILENO .....	44
CLORURO DE VINILO .....	48
CRESOLES .....	52
CROMO .....	55
1,2-DICLOROBENCENO .....	59
1,2-DICLOROETANO .....	63
1,1-DICLOROETILENO .....	66
DISULFURO DE CARBONO .....	68
ENDRIN .....	72
ETER DICLOROETILICO .....	75
ETIL METIL CETONA .....	78
FENOL .....	81
2,4-DINITROTOLUENO .....	85
HEPLACLORO .....	87
HEXACLOROBENCENO .....	91
HEXACLOROBUTADIENO .....	94
HEXACLOROCICLOHEXANO .....	96
HEXACLOROETANO .....	100
ISOBUTANOL .....	103
MERCURIO .....	106
METOXICLORO .....	111
NIQUEL .....	113
NITROBENCENO .....	118
PENTAFLOROFENOL .....	120
PIRIDINA .....	123
PLATA .....	125
PLOMO .....	129
SELENIO .....	134
1,1,2,2-TETRAFLOROETANO .....	138
TETRAFLOROETILENO .....	142

<b>TETRACLORURO DE CARBONO</b> .....	145
<b>TOLUENO</b> .....	149
<b>TOXAFENO</b> .....	151
<b>1,1,1-TRICLOROETANO</b> .....	155
<b>1,1,2-TRICLOROETANO</b> .....	158
<b>TRICLOROETILENO</b> .....	161
<b>2,4,5-TRICLOROFENOL</b> .....	164
<b>GLOSARIO</b> .....	167
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	169

## P R E F A C I O

El Area de Riesgos Químicos perteneciente a la Coordinación de Investigación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), se empezó a integrar en el mes de febrero de 1991. Las líneas de investigación que se plantearon originalmente, estuvieron relacionadas a los problemas ocasionados por el manejo y disposición de residuos peligrosos. Se pensó también en desarrollar trabajos referentes a las tecnologías de tratamiento ya que una vez estabilizadas las sustancias, el riesgo de contaminación al ambiente se reduce considerablemente.

Por otro lado, la legislación en materia de residuos peligrosos, constituye una parte muy importante para la prevención y control de la contaminación ambiental y los efectos sobre la salud, provocados por una deficiente disposición de los subproductos de los procesos químicos. Considerando esta situación, se inició una colaboración con la Dirección General de Normalización y Regulación Ecológica de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), para revisar y actualizar las Normas Técnicas Ecológicas, actualmente Normas Oficiales Mexicanas, relacionadas con el manejo y disposición de las sustancias peligrosas.

La Norma Oficial Mexicana que establece el listado de residuos peligrosos y las características de peligrosidad de los mismos NOM-CRP-001-ECOL/93, fue una de las primeras que se revisó. Los documentos que se recopilaron, generaron información específica para cada una de las 53 sustancias consideradas en México. Las bases de datos y la bibliografía que se consultaron proporcionaron suficiente información para la mayoría de los residuos. Sin embargo, no se encontraron datos para los compuestos 2,3,4,6-tetraclorofenol y 1,1,1,2-tetracloroetano.

Los 53 constituyentes que regula la Norma Oficial Mexicana están integrados de la siguiente manera:

Compuestos aceptados por la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (USEPA)	39
Compuestos propuestos para su aceptación por parte de la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (USEPA)	13
Compuesto propuesto por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	01
Total	<hr/> 53

Las definiciones de algunos conceptos y los datos globales sobre la generación de residuos peligrosos, se encuentran en la parte introductoria, esto es con el fin de que el lector comprenda con mayor precisión la terminología utilizada. Asimismo, en esta sección se presenta información sobre diferentes tipos de exposición, vías de entrada, clases de tóxicos y dosis.

La siguiente parte tiene en forma resumida, información para los diferentes constituyentes que pueden estar en un lixiviado después de la prueba de extracción. Su conformación es la siguiente:

- Nombre del compuesto
- Resumen
- Propiedades físicas y químicas
- Transporte y destino
- Efectos sobre la salud
- Toxicidad en animales domésticos y silvestres
- Reglamentación y normas
- Medidas de protección personal
- Exposición ocupacional
- Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

La última sección contiene un glosario de términos y la bibliografía utilizada. La USEPA fue la principal fuente consultada, así como los documentos proporcionados por el Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO), OPS/OMS.

La revisión de esta recopilación bibliográfica estuvo a cargo del Dr. Diego González Machín, especialista en toxicología, quien actualmente trabaja en el Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO).

Los integrantes del grupo del área de riesgos químicos fueron quienes hicieron la recopilación, la traducción, la síntesis y la captura de todo el documento.

La presentación de este folleto además de ser una investigación que soporta a la Norma Técnica Ecológica Mexicana, contribuye con uno de los objetivos del CENAPRED, ya que se ha integrado información y documentación que facilita a las autoridades e instituciones competentes la investigación, estudio y análisis de ramas y aspectos específicos en la prevención de desastres, en este caso de origen químico.

# **TRANSPORTE, DESTINO Y TOXICIDAD DE CONSTITUYENTES**

## **QUE HACEN PELIGROSO A UN RESIDUO**

### **INTRODUCCION**

Un residuo peligroso se define como aquel desecho cuyas características corrosivas, tóxicas, reactivas, explosivas, inflamables, infecciosas o irritantes puede causar efectos adversos o crónicos a la salud humana y/o al equilibrio ecológico.

Este tipo de residuos se generan a través de los procesos industriales como subproductos, productos químicos gastados o como componentes de descarga, que no tienen valor alguno. Se pueden producir en forma sólida, líquida o gaseosa.

Los sólidos de mayor preocupación para la salud son polvos, fibras y humo. Este tipo de sólidos pueden ser inhalados directamente hacia los pulmones, dañándolos o pasando al torrente sanguíneo y dañar otras partes del cuerpo. Los polvos son partículas sólidas generadas durante el manejo o al triturar o pulverizar materiales tales como roca, metal, carbón, madera o grano. Las partículas de polvo varían en tamaño de 0.1 a 25 micrómetros. Sólo las partículas de menos de 5 micrómetros permanecen en el aire suspendidas por lo que pueden ser inhaladas. Cualquier proceso que produce polvo suspendido en el aire debe ser considerado peligroso hasta que las pruebas de higiene industrial prueben que no es dañino.

Las fibras son partículas de polvo cuya forma es larga y estrecha. Si la longitud es tres o más veces el grosor de la partícula, se le llama fibra. Un ejemplo de fibra en la industria son los asbestos.

Los humos se forman cuando vapores muy calientes esencialmente vapores metálicos se enfrían rápidamente y se condensan en partículas sólidas muy finas. Los gases y vapores no son humos, estos se producen principalmente en operaciones industriales de alto calentamiento, como soldar, fundir o trabajo de horneado. Los humos están a menudo mezclados con gases peligrosos como el ozono y el óxido de nitrógeno los cuales se quedan dentro de los pulmones arrastrando a los humos.

El tamaño de la partícula es importante en la determinación del daño que un polvo producirá. Generalmente sólo las partículas más pequeñas de 5 micrómetros son capaces de entrar a los huecos interiores del pulmón (los alveolos). Sin embargo, un agente que causa una respuesta alérgica tal como el polen de ambrosía (alrededor de 29 micrómetros) hace daño en el sistema respiratorio superior.

La niebla y aerosoles son suspensiones finas de gotitas de líquidos. Por ejemplo, las nieblas de aceite producidas durante las operaciones de cortar y triturar, las nieblas ácidas producidas en el electroplatinado, así como, los álcalis de las operaciones de baño de ácido, o nieblas de pintura de aerosol, también de neblina o lluvia.

Las nieblas son semejantes a los polvos porque entre más fino es el rocío, las gotitas penetran profundamente en los pulmones. La mayor parte de las nieblas, tales como las pinturas en aerosol son mezclas de diferentes ingredientes, solventes, pigmentos, agentes estabilizadores y propulsores.

El daño que puede producir cualquier líquido peligroso es que al salpicarse o derramarse puede entrar al cuerpo a través de la piel y llegar al torrente sanguíneo.

Un gas es un fluido que se expande para llenar el espacio que lo contiene. Muchos gases son altamente inflamables; otros muy reactivos tanto en el ambiente como dentro del cuerpo.

Un vapor es el nombre técnico para la forma gaseosa de un líquido que siempre existe sobre ese líquido. Mientras más cerca esté un líquido de su punto de ebullición, más se evaporará. Los líquidos con punto de ebullición cercanos a la temperatura ambiente se vaporizan rápidamente y son los llamados volátiles.

La presión de vapor es la presión a una temperatura dada de un vapor cuando está en equilibrio con su forma líquida. Mientras más alta es la presión de vapor, mayor es el potencial de fuego de las sustancias y mayor el riesgo a la salud.

La densidad de un vapor es importante para determinar si tenderá a subir o acumularse en la parte más baja de un tanque. Por ejemplo, la gasolina es un vapor que se mueve rápidamente a lo largo del suelo y a menudo se enciende lejos de su fase líquida.

Los principales daños causados por vapores y gases, es que penetran a los pulmones o se introducen en el cuerpo dañando otros órganos. También pueden causar deficiencia de oxígeno por ejemplo los asfixiantes simples que toman el lugar del oxígeno molecular en el pulmón, tales como el dióxido de carbono, el nitrógeno y el helio. Los asfixiantes químicos que evitan que las células del cuerpo tomen el oxígeno necesario, por ejemplo el cianuro y el sulfuro de hidrógeno.

La mayoría de los residuos peligrosos están constituidos por carbono, hidrógeno, oxígeno, halógenos, azufre, nitrógeno y metales pesados. La estructura de la molécula, generalmente determina que tan peligrosa es una sustancia para la salud humana y para el ambiente. Si el compuesto puede ser transformado o reducido a sustancias más

sencillas como dióxido de carbono y agua, entonces su toxicidad se reduce considerablemente, sin embargo muchas de ellas no se degradan y pueden persistir en la naturaleza indefinidamente.

Actualmente se calcula que se generan 400 mil ton/día de residuos industriales de los cuales el 4% corresponden a materiales peligrosos, que se almacenan y/o descargan en forma clandestina o inadecuada.

En las industrias generalmente los trabajadores son los que están en mayor riesgo de exposición a los residuos peligrosos, por lo que es necesario proporcionarles información sobre los diversos productos químicos a los que están expuestos y los efectos que éstos producen sobre la salud y el ambiente. Muchos sistemas del cuerpo humano pueden ser

afectados por sustancias químicas, la mayoría de las exposiciones ocupacionales ocurren por vías como son la piel, tracto respiratorio, ojos y tracto digestivo. Las formas en las que estas sustancias pueden afectar el organismo son variadas y dependen de características individuales, tales como talla, peso, edad, etc. La acción del daño puede ser lentamente (crónico) o rápidamente (agudo).

## TIPOS DE EXPOSICION

**Exposición aguda.** En toxicología, los efectos agudos son generalmente definidos como el resultado de una exposición simple o una exposición múltiple en 24 horas o menos. Para un agente dado, los efectos agudos pueden ser diferentes de los efectos crónicos. Por ejemplo, una exposición aguda para cantidades excesivas de plomo puede causar cólicos; sin embargo, una exposición crónica de esta misma sustancia puede causar daños en las articulaciones de las muñecas y posiblemente dañar al sistema nervioso, dependiendo de la forma en que se encuentre el metal.

Un factor importante en las exposiciones agudas es la velocidad en que la sustancia química se absorbe. Si una sustancia se absorbe rápidamente, los efectos se presentarán inmediatamente.

Otro factor que debe ser considerado es la frecuencia de la exposición. Dos exposiciones de la mitad de la cantidad de una sustancia generalmente produce menos efectos que una exposición mayor. Esto puede ser debido a la habilidad del cuerpo para transformar o alterar algunas de las sustancias químicas con el tiempo. También el cuerpo puede estar adaptado para restablecerse de algunos daños, si pasa suficiente tiempo entre las exposiciones.

**Exposición crónica.** Los efectos crónicos de una sustancia química pueden incluir efectos inmediatos y sumarse a efectos a largo plazo. El término de exposiciones cortas se refiere a aquellas de una semana o menos. El término subcrónico se refiere a exposiciones cercanas a 3 meses.

Los efectos tóxicos crónicos se llevan a cabo siempre que hay acumulación de agentes en un sistema biológico en el cual la absorción es mayor que la eliminación o metabolismo. Los procesos metabólicos involucran la transformación de ciertas sustancias químicas y la formación de otras.

Las exposiciones crónicas presentan mayor dificultad de estudio que las exposiciones agudas, en las primeras, están involucrados largos períodos de tiempo y diferentes vías de entrada de la sustancia al cuerpo.

La vía de entrada de varios solventes orgánicos comunes puede ser a través de la piel y también pueden estar presentes en el aire, introduciéndose por la respiración y además presentarse una exposición ocular.

A menudo el hígado se afecta por la introducción de sustancias tóxicas, alterando sus funciones primarias como es la desintoxicación de sustancias en la sangre. Este órgano se puede dañar por cantidad o por el grado de toxicidad de la sustancia química. Los solventes

clorados y el alcohol en particular pueden dañar el hígado. Otros ejemplos de exposiciones crónicas incluyen la exposición al yodo, el cual afecta la glándula tiroidea; y la exposición a metales pesados que afectan al sistema nervioso y al sistema óseo.

## **VIAS DE ENTRADA**

Las diferentes formas en las cuales se pueden introducir las sustancias químicas al organismo humano son:

a) Por inhalación o respiración a través de los pulmones, es la vía más importante de exposición en el lugar de trabajo. Los alveolos pulmonares presentan una área superficial muy extensa que permite a la sustancia química viajar al torrente sanguíneo rápidamente; algunos efectos que se producen por medio de esta vía son: asbestosis, enfisema, mesothelioma, enfermedad del pulmón negro del minero, cáncer del pulmón y envenenamiento sistemático.

b) Por contacto directo o absorción a través de la piel. Los cuatro tipos de efectos son:

-Irritante; cuando las sustancias químicas causan dermatitis inmediata.

-Daño tisular, las sustancias químicas como las corrosivas, incluyendo ácidos y bases deterioran la piel y causan daño a las capas interiores del tejido.

-Efectos alérgicos, algunas sustancias químicas como el níquel, cromo, formaldehído los isocianuros provocan que la piel se vuelva hipersensitiva, después de repetidas exposiciones, esto se conoce como dermatitis por sensibilización.

-Efectos internos, muchos solventes se absorben a través de la piel, circulando hasta el torrente sanguíneo y entonces dañan a algún órgano en particular y pueden causar envenenamiento sistemático.

c) Por ingestión. En el lugar de trabajo muchas personas pueden, sin saberlo, comer o beber sustancias químicas peligrosas, absorbiéndolas a través del tracto gastrointestinal a la sangre; directamente algunas sustancias afectan al estómago, produciendo úlceras y cáncer intestinal.

d) Los ojos aunque no se consideran como vía de entrada a otras partes del cuerpo, por sí mismos pueden ser lesionados cuando se exponen a una sustancia cuyos vapores sean irritantes o tóxicos. Sin embargo, la córnea, es muy sensible a muchas sustancias especialmente ácidos y bases, ésta puede adquirir una apariencia opaca u oscura; se pueden presentar daños en el cristalino y cambios en la apariencia del líquido lubricante.

## CLASES DE TOXICOS

Las sustancias químicas tóxicas se pueden dividir en varias clases, dependiendo de los efectos que producen, pueden ser:

**IRRITANTES:** Provocan irritación de los órganos de contacto (ojos, piel). Estos pueden dividirse en irritantes primarios, los cuales simplemente causan inflamación y los secundarios, pueden causar inflamación más otros efectos adicionales como la urticaria.

**ASFIXIANTES:** Son depresivos del tejido respiratorio. Pueden dividirse en simples, los cuales son gases fisiológicamente inertes y únicamente desplazan al oxígeno; y los asfixiantes químicos, que impiden al cuerpo utilizar el oxígeno de la sangre.

**HEPATOTOXICOS:** Afectan al hígado, algunos de estos efectos incluyen la alteración de los niveles de enzimas en el hígado; lo hacen incapaz de eliminar los tóxicos del cuerpo, intoxicándolo.

**NEFROTOXICOS:** Afectan los riñones, alterando la remoción de desechos líquidos generados por el cuerpo, provocando el envenenamiento sistemático y causando la muerte.

**NEUROTOXICOS:** Afectan el sistema nervioso; bloqueando los impulsos eléctricos de la sinapsis, actuando como un circuito abierto; también pueden afectar los centros más altos del cerebro, causando una reducción en la habilidad de pensamiento. Sólo con largas dosis se afectan las funciones automáticas de la médula y el cerebelo.

**ANESTESICOS:** Son depresivos del sistema nervioso central, reduciendo la intensidad de impulsos nerviosos; pueden afectar al sistema nervioso periférico.

**TOXICOS HEMATOPOYETICOS:** Afectan los órganos formadores de sangre (médula espinal), alterando así la formación de glóbulos rojos, los cuales son de suma importancia ya que contienen hemoglobina para el transporte del oxígeno de los pulmones al cuerpo; también se puede presentar reducción de glóbulos rojos produciéndose anemia. En la sangre existe otro tipo de células importantes; los leucocitos, los cuales participan en la defensa del cuerpo y cuando se dañan los microorganismos patógenos llegan a la sangre fácilmente produciendo enfermedades infecciosas.

**TOXICOS CRONICOS:** Los tóxicos crónicos se dividen en tres grupos dependiendo del tipo de efecto que originen, como son:

a) **TERATOGENOS:** Son sustancias que pueden causar algún tipo de defecto en los bebés que se encuentran en desarrollo fetal, sobre todo en las primeras semanas de embarazo. También se consideran en este rubro los abortivos, cuando la madre se expone a algún tipo de sustancia.

b) **MUTAGENOS:** Son sustancias que pueden causar cambios genéticos a futuras generaciones; las alteraciones genéticas humanas se pueden originar de diferentes formas en los códigos genéticos, los cuales no se codifican bien al ser transmitidos, ya que existe un cambio en la secuencia de las bases en el DNA. Si la secuencia se cambia, por ejemplo por una parte izquierda o partes extras en la cadena del DNA, el mensaje que se transmitirá será totalmente diferente al que debería ser.

c) **CARCINOGENOS:** Son sustancias que pueden causar crecimiento anormal de las células o cambios en el metabolismo celular, causando la enfermedad del cáncer. Algunas sustancias pueden cambiar la secuencia de bases del DNA de células individuales expuestas como las de la piel, causando malformaciones en el área afectada o crecimiento anormal de dichas células; estos cambios se llevan a cabo en células que no juegan un papel importante en la reproducción de la especie humana.

## **DOSIS**

Para poder normar y reglamentar el uso de estas sustancias peligrosas se necesitan hacer estudios experimentales para saber el potencial de peligrosidad, esto se lleva a cabo administrando diferentes dosis a una población de animales en experimentación. La dosis de una sustancia química es el parámetro más significativo para la evaluación en los estudios de toxicidad porque las dosis normalmente se asocian con el incremento en los efectos tóxicos. La dosis es una medida de la cantidad de sustancia administrada por el peso del animal en experimentación o como la cantidad de sustancia por volumen del aire respirado.

La dosis es la variable primaria examinada en los experimentos toxicológicos, ésta determina si la exposición produce un efecto tóxico o no. La predicción de efectos tóxicos resulta de la exposición de una sustancia química a una dosis determinada y la relación que existe con la respuesta natural y la frecuencia de dicha respuesta. Matemáticamente se expresa como una relación dosis-respuesta, la cual se puede representar en una gráfica o forma numérica y tiene una relación directamente proporcional, si la dosis es alta produce más muertes que una dosis pequeña. El término respuesta o efecto se usan indistintamente denotando cambios biológicos y se asocia a una exposición; pero más bien un efecto denota un cambio biológico en un organismo mientras que una respuesta se refiere a la proporción de la población que muestra efectos adversos. El índice de respuesta es una cantidad del efecto, semejante al daño en una célula y al cambio en los niveles de hemoglobina. Otro término importante es la letalidad que se expresa como un índice máximo de respuesta; éste es muy fácil de cuantificar.

# ACIDO 2,4- DICLOROFENOXIACETICO

## Resumen

El ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) se usa comúnmente como un herbicida de amplio espectro. Es un componente del agente naranja, el defoliante más utilizado en Vietnam. Provoca tumores después de que empieza a pintar la piel de los ratones y es probable que sea un débil mutagénico. El 2,4-D causa desarrollo de anomalías y fue fetotóxico cuando se administró a ratas preñadas, ratones y hamsters. La exposición dérmica al 2,4-D causa severas neuropatías periféricas.

## Información adicional

Fórmula química:  $\text{Cl}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OCH}_2\text{COOH}$

Nombre IUPAC: Acido 2,4-diclorofenoxiacético

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Agrotect, Dicotox, Fenox, 2,4-D.

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 221.04 g/g mol

Punto de ebullición: 160°C a 0.4 mm Hg

Punto de fusión: 138°C

Solubilidad en agua: 620 mg/litro

Solubilidad en orgánicos: Soluble en solventes orgánicos.

Coefficiente de partición Log Octanol/Agua: 2.5 (calculado)

Presión de vapor:  $<10^{-5}$  mm Hg a 25°C

Densidad de vapor: 7.63

pKa: 2.8

## Transporte y destino

Por su baja presión de vapor y su relativamente alta solubilidad en agua, el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), probablemente no sea muy volátil. En aguas superficiales, el 2,4-D experimenta tanto la fotólisis como la oxidación a clorofenoles o la fotorreducción a ácido fenoxiacético; estos procesos ocurren dependiendo de las propiedades físicas del medio. El 2,4-D se adsorbe débilmente en el suelo y puede lixiviarse hacia aguas subterráneas, aún cuando los estudios indiquen que no es un proceso de transporte importante para el 2,4-D.

## Efectos sobre la salud

Se ha analizado el ácido 2,4-diclorofenoxiacético en cuanto a sus efectos de carcinogenicidad en ratas, ratones y perros. No se han observado incrementos estadísticamente importantes en la iniciación de tumores en los estudios realizados. Sin embargo, los incrementos en el número de linfosarcomas, sarcomas y carcinomas en ratas,

sugieren que puede ser carcinogénico. Se observó un efecto promotor de tumores en un estudio de ratones de piel pintada.

En varias clases de bacterias y levaduras, el 2,4-D ha dañado el DNA e inhibe su restauración. Causa daño cromosomal e induce el incremento de los valores del intercambio de cromátidas hermanas (SCE) en los cultivos de linfocitos humanos. El 2,4-D también induce SCE en las células ováricas de hamsters chinos. Los resultados del ensayo letal recesivo de vínculo sexual de la *Drosophila* fueron débilmente positivos. En el ensayo de Ames, el 2,4-D no induce la mutación. Considerando todos los resultados de pruebas disponibles, el 2,4-D es un mutagénico débil.

Cuando se administra a ratas gestantes, ratones y hamsters, el 2,4-D produce un patrón de desarrollo de deformaciones incluyendo anormalidades en el esqueleto y paladar hendido. También se han reportado fetotoxicidad y muerte fetal. El nivel mínimo que causa desarrollo de anormalidades en ratas es aproximadamente 100 mg/kg. No se observaron efectos en la reproducción de 3 generaciones de ratas estudiadas.

Después de la ingestión del 2,4-D, se han referido síntomas como vómito, fiebre y debilidad muscular profunda. Este compuesto también es irritante a los ojos y su absorción a través de la piel se ha informado que produce severas neuropatías periféricas, con inflexibilidad de extremidades, posible parálisis motora y paratesia.

La dosis oral LD<sub>50</sub> para el 2,4-D en ratones y ratas es de 375 mg/kg, pero la dosis oral LD<sub>50</sub> para perros es de 100 mg/kg. Los ésteres del 2,4-D tienen toxicidad comparable. La arritmia cardíaca ha sido citada como una causa de muerte en varios estudios de toxicidad aguda. Los cambios patológicos tienen también ocurrencia en el tracto gastrointestinal, en el hígado, en los pulmones y en los riñones. La dosis dérmica para conejos LD<sub>50</sub> es de 1,400 mg/kg.

Contrariamente se sugiere que la contaminación por la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina ha contribuido a la toxicidad del 2,4-D, aunque actualmente, no se ha divulgado una contaminación del 2,4-D por la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina, en cambio a través de la hexaclorodibenzo-p-dioxina y la 2,7-diclorodibenzo-p-dioxina si se ha encontrado. Sin embargo, no hay evidencia experimental de que las dioxinas se formen por fotólisis del 2,4-D.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Los estudios sobre los efectos provocados por exposición al 2,4-D y otros fenoxi-herbicidas sobre algas, indican que muchas plantas unicelulares no son muy sensibles a estos compuestos. Sin embargo, concentraciones de 25 mg/litro de 2,4-D administradas durante 10 y 12 días redujeron la velocidad de crecimiento hasta un 42 % del *Scenedesmus*, que es una de las especies más sensibles. El crecimiento de *Nostol muscorum*, una alga azul verde se inhibe en concentraciones de 0.1 mg/litro. Diversas formas de algas filamentosas por ejemplo, Chara, Hydrodictyon y Pitofora, se controlan a concentraciones superiores a 10 mg/litro.

La LD<sub>50</sub> a 96 horas para *Daphnia magna* es de 2 mg/litro. A concentraciones de 2 mg/litro no se han detectado efectos en el crecimiento de las ostras.

La toxicidad del 2,4-D en los peces se ha estudiado estrechamente. Los valores de LC<sub>50</sub> a 24 y 48 horas para los peces de branquia azul, fueron de 8 mg/litro para este compuesto. Los ésteres del 2,4-D son ligeramente más tóxicos. Para concentraciones de 50 mg/litro no se tiene un efecto observable sobre los renacuajos de la rana, *Rana temporaria*.

Los animales envenenados que se han detectado y que se han atribuido a formulaciones de herbicidas conteniendo el 2,4-D no se les ha establecido una relación causal definitiva. El 2,4-D no se bioacumula en el tejido adiposo.

### **Reglamentación y normas**

Norma OSHA: 10 mg/m<sup>3</sup> TWA

Valor del límite umbral ACGH: 10 mg/m<sup>3</sup> TWA

Valor IDLH: (NIOSH, 1985) 500 mg/m<sup>3</sup>

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 10 mg/l

### **Medidas de protección personal**

No hay información disponible al respecto.

### **Exposición ocupacional**

No hay información disponible al respecto.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

No hay información disponible al respecto.

## ACIDO 2-(2,4,5-TRICLOROFENOXI)-PROPIONICO

### Resumen

El ácido 2-(2,4,5-triclorofenoxi)-propiónico (2,4,5-TP, Silvex) es un herbicida de amplio espectro que está contaminado comúnmente con la tetraclorodibenzo-para-dioxina (TCDD). Los efectos tóxicos asociados con la exposición al 2,4,5-TP son generalmente considerables y pueden ser causados por este contaminante. Sin embargo, el 2,4,5-TD puro puede tener efectos adversos en la reproducción, que no son atribuibles a la TCDD.

### Información adicional

Fórmula química:  $\text{Cl}_3\text{C}_6\text{H}_2\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$

Nombre IUPAC: Acido 2(2,4,5-triclorofenoxi) propiónico

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Silvex, 2,4,5-TCPPA, Fenoprop, Kuran, 2,4,5-TP.

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 269.53 g/g mol

Punto de fusión: 181.6°C

Gravedad específica: 1.640 a 30°C

Solubilidad en agua: 180 mg/litro

Solubilidad en orgánicos: Soluble en acetona, benceno, tetracloruro de carbono, éter, heptano y metanol.

Coficiente de partición Log octanol/agua: 4

Presión de vapor: Menos de 1 mm de Hg a 20°C

### Transporte y destino

El ácido 2(2,4,5-triclorofenoxi)-propiónico (2,4,5-TP) no es muy soluble en agua y tiene una presión de vapor baja. Probablemente su transporte en el ambiente no es muy rápido y de igual modo puede ser regularmente persistente. Sin embargo, puede volatilizarse a unos cuantos grados, porque su coeficiente de actividad es alto en el agua. La absorción en el suelo y la sedimentación son destinos importantes para el 2,4,5-TP. La foto-oxidación y la biodegradación pueden ser procesos de destino final en el ambiente, pero ninguno se espera que ocurra rápidamente (Bailey et al. 1970).

### Efectos sobre la salud

El 2,4,5-TP está contaminado con pequeñas cantidades de la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD) y los efectos tóxicos del 2,4,5-TP se cree que generalmente son causados por esta contaminación. Hay evidencias que sugieren, que el 2,4,5-TP puede tener efectos adversos en la reproducción que no son atribuibles a la TCDD.

Esta conclusión está basada en una comparación de estudios usando el 2,4,5-TP y otros estudios empleando esencialmente el ácido 2,4,5-triclorofenoxi-acético (2,4,5-T) no contaminado. El ácido 2,4,5-T no contaminado y el compuesto 2,4,5-TP no contaminado son compuestos muy relacionados y se considera que tienen efectos similares (Gehring, 1980). Los efectos tóxicos del ácido 2,4,5-TP no han sido estudiados bien, pero probablemente son similares a los causados por el 2,4,5-T y la TCDD en bajos niveles. El 2,4,5-TP se puede absorber rápidamente por inhalación y por ingestión y lentamente por la piel. Los signos de intoxicación incluyen somnolencia, letargo, anorexia, diarrea, febrilación ventricular y/o arritmia cardíaca. Al descomponerse con calor emite vapores tóxicos de cloro.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Los valores para la  $LC_{50}$  para 96 horas del 2,4,5-TP en truchas arcoiris y de branquia azul son de 15 y 10 mg/litro, respectivamente. En estudios de 5 días en donde se ha alimentado a codornices japonesas se obtuvo una  $LD_{50}$  con un valor mayor de 5,000 ppm para el 2,4,5-TP. Para faisanes de cuello largo bajo el mismo régimen se tiene una  $LC_{50}$  de 4,500 ppm. El 2,4,5-TP es un herbicida para plantas de hojas anchas.

### **Reglamentación y normas**

La EPA ha prohibido el uso del 2,4,5-TP en césped y en sistemas acuáticos.

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 1 mg/litro.

### **Medidas de protección personal**

El equipo de protección para los trabajadores expuestos directamente al 2,4,5-TP es utilizar mascarilla de respiración autónoma y ropa de protección especial.

### **Exposición ocupacional**

Los fabricantes de herbicidas son los trabajadores más expuestos a los efectos del 2,4,5-TP, así como los fumigadores, por lo que se recomienda utilizar equipo de protección.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Trabajadores de la construcción  
Fabricantes de herbicidas  
Veterinarios  
Fumigadores

# ACRILONITRILLO

## Resumen

El acrilonitrilo es un intermediario químico importante usado en la industria de los plásticos. Es totalmente soluble en agua y también bastante volátil. La foto-oxidación atmosférica y la biodegradación son probablemente destinos importantes en el ambiente. La IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) ha clasificado al acrilonitrilo como un probable carcinógeno para el ser humano. Causa tumores en los pulmones en seres humanos y en animales expuestos por inhalación y tumores en otras áreas en animales experimentales expuestos por vía oral. El acrilonitrilo es mutagénico y teratogénico y puede dañar el sistema nervioso central, hígado y riñones.

Fórmula química:  $\text{CH}_2\text{CHCN}$

Nombre IUPAC: 2-propeno nitrilo

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Cianuro vinílico, cianoetileno, propenonitrilo

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 53.06 g/g mol

Punto de ebullición: 77.5 a 77.9°C

Punto de fusión: -83.55°C

Gravedad específica: 0.8060 a 20°C

Solubilidad en el agua: 73500 mg/litro a 20°C

Solubilidad en sustancias orgánicas: Soluble en alcohol, éter, acetona y benceno

Coefficiente de partición Log octanol/ Agua: -0.14

Presión de vapor: 80 mm Hg a 20°C

Densidad de vapor: 1.83

Temperatura de inflamación: 0°C

## Transporte y destino

La fotólisis directa del acrilonitrilo en el medio acuático es poco probable. Sin embargo, puede reaccionar con algunos anillos de compuestos aromáticos naturales en presencia de pigmentos vegetales fotosensitivos o industriales produciendo colorantes. Tales condiciones pueden ocurrir en aguas superficiales altamente contaminadas o en tiraderos. La volatilización es el proceso principal de transporte ambiental para el acrilonitrilo. De sistemas acuáticos y terrestres se transporta a la atmósfera como un vapor o bien puede ser adsorbido por las partículas. Aunque el acrilonitrilo puede regresar al sistema acuático y terrestre mediante precipitación, la foto-oxidación en la tropósfera es un proceso significativo de destino ambiental. La hidrólisis y la sorción probablemente no son procesos importantes de destino bajo condiciones naturales.

La bioacumulación del acrilonitrilo no es un proceso relevante; sin embargo, la cianoetilación de las proteínas en la biota acuática sí es muy factible. El acrilonitrilo se degrada en los lodos domésticos, pero puede haber una población insuficiente de microorganismos en la columna de agua y el tiempo de contacto tal vez no sea adecuado para ser efectiva en aguas superficiales. En mamíferos terrestres, el acrilonitrilo se puede metabolizar a tiocianato y en esta forma se elimina en la orina. Se han observado que muchas especies y diferentes órganos de los mamíferos tienen la habilidad de desintoxicarse del acrilonitrilo.

## Efectos sobre la salud

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), clasifica al acrilonitrilo como un probable carcinógeno humano. Los estudios epidemiológicos de personas ocupacionalmente expuestas a estos compuestos revelan un exceso de cáncer en varias partes del organismo, pero particularmente en los pulmones. En dos estudios utilizando acrilonitrilo agregado en el agua potable de ratas, incrementó la incidencia de tumores subcutáneos en la región mamaria, carcinomas en la glándula de Zymbal, astrosistomas en el sistema nervioso central, y escamas en células papilomas de la flora intestinal, todo esto se observó en animales que recibieron dosis de 35 ppm (aproximadamente 8.75 mg/kg/día). El acrilonitrilo también parece ser carcinogénico en animales expuestos por inhalación, a los cuales les produjo tumores en los pulmones. También es mutagénico en una variedad de sistemas estudiados. Además, produce toxicidad y teratogenicidad maternal en ratas después de una exposición oral o por inhalación en ratones de laboratorio que han recibido una administración intraperitoneal.

El acrilonitrilo se absorbe rápidamente por vía respiratoria, gastrointestinal y a través de la piel. Diversos estudios revelan efectos de toxicidad del acrilonitrilo debido a exposiciones ocupacionales y accidentales. Estos resultados se deben interpretar con precaución, ya que las exposiciones se deben frecuentemente a una combinación de sustancias. Algunos de los malestares subjetivos son: dolor de cabeza, fatiga, vértigo, náuseas, debilidad e insomnio. Los síntomas clínicos observados incluyen anemia, ictericia, conjuntivitis, lesiones leves al hígado, valores anormales de sangre y orina y desórdenes funcionales en los sistemas cardiovascular, hematopoyético y nervioso central. Se han observado también dermatitis alérgica por contacto al acrilonitrilo, necrosis epidérmica crónica, alteraciones a la reactividad inmunológica y sensibilización. En casos de exposición crítica y muy altas concentraciones de acrilonitrilo se han referido daños a las funciones pulmonares y en ocasiones hasta la muerte.

El acrilonitrilo administrado por varias vías, puede causar edema en los órganos de ratones, ratas y cerdos de guinea, así como también dañar al sistema nervioso central, al hígado y a los riñones. Se conoce como una LD<sub>50</sub> oral de 82 mg/kg para ratas. Las ratas y los conejos que inhalaban 250 mg/m<sup>3</sup> (114 ppm) de acrilonitrilo durante 6 meses presentaron cambios en los patrones sanguíneos periféricos; desórdenes funcionales en los sistemas respiratorio, cardiovascular y renal; y lesiones neuronales en el sistema nervioso central. Algunos de estos cambios se observaron con concentraciones de 50 mg/m<sup>3</sup> (23 ppm). Se notifican estudios de inhalación para las ratas de LC<sub>0</sub> de 500 ppm (aproximadamente 1100 mg/m<sup>3</sup>) por 4 horas.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Para los invertebrados de agua dulce *Daphnia magna* se tienen valores de  $EC_{50}$  de 7 550  $\mu\text{g/litro}$  para 48 horas. Para peces de agua dulce los valores de  $EC_{50}$  son de 11 800  $\mu\text{g/litro}$  para branquia azul, para peces lerdos es de 18100  $\mu\text{g/litro}$  y para guppies (pez oriundo de Venezuela) el valor es de 33 500  $\mu\text{g/litro}$ . Se conocen valores para pez lerdo de  $LC_{50}$  de 2 600  $\mu\text{g/litro}$  a 30 días. Los datos obtenidos durante este estudio sugieren que el acrilonitrilo tiene un efecto acumulativo o definitivamente crónico y que se pueden esperar efectos adversos en concentraciones inferiores a 2 600  $\mu\text{g/litro}$  en peces expuestos durante más de 30 días.

## Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

### Vida acuática

Los datos disponibles no son los adecuados para establecer los criterios

### Salud humana

Estimados de los riesgos carcinogénicos asociados con la exposición en tiempo de vida a diferentes concentraciones de acrilonitrilo son:

Riesgo	Concentración
$10^{-5}$	0.58 mg/litro
$10^{-6}$	0.058 $\mu\text{g/litro}$
$10^{-7}$	0.006 $\mu\text{g/litro}$

Unidades de riesgo CAG (USEPA):  $0.24 \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Normas recomendadas por NIOSH: 4 ppm nivel máximo

Norma OSHA: 2 ppm TWA (peligro de cáncer)  
10 ppm (15-min nivel máximo)

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 5.0 mg/l

## Medidas de protección personal

No debe usarse ropa protectora confeccionada con cuero, ya que el acrilonitrilo penetra este material con facilidad. La ropa de hule debe lavarse e inspeccionarse con frecuencia porque puede reblandecerse y rasgarse. El acrilonitrilo debe manejarse con las mismas protecciones que el cianuro de hidrógeno y es menester proporcionar a los trabajadores adiestramiento adecuado en cuanto a su manejo. El líquido que salpica la piel debe lavarse de inmediato. El uso de anteojos de seguridad es necesario para proteger los ojos de

salpicaduras, y en áreas donde hay altas concentraciones de vapor deben utilizarse máscaras especiales para cianuro o máscaras con línea de aire. Los trabajadores deben recibir adiestramiento en técnicas de respiración artificial y en el uso de nitrito de amilo que constituye el antídoto específico para situaciones de emergencia.

### **Exposición ocupacional**

El acrilonitrilo se usa en la fabricación de fibras sintéticas, plásticos de acrilostireno, acrilonitrilo-butadieno (plásticos estirénicos), caucho del nitrilo, sustancias químicas y adhesivos. También se usa como plaguicida.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Fabricantes de acabados textiles  
Fabricantes de caucho  
Fabricantes de fibras sintéticas  
Fabricantes de resinas acrílicas  
Sintetizadores de compuestos químicos orgánicos  
Trabajadores con plaguicidas

# ARSENICO

## Resumen

El arsénico es un metal que está presente en el medio ambiente como un constituyente de los compuestos orgánicos e inorgánicos en sus diferentes estados de oxidación. Este elemento posee cierto grado de movilidad en el medio ambiente, dependiendo de su forma química y de las propiedades del medio que lo rodea. El arsénico es un carcinógeno para los seres humanos; cuando se ingiere, causa tumores en la piel y cuando se inhala aparecen tumores en los pulmones. Los compuestos del arsénico son teratogénicos y tienen efectos reproductivos adversos en los animales. La exposición crónica al arsénico se asocia con polineuropatía y lesiones en la piel. A niveles inferiores de 40  $\mu\text{g/litro}$ , es un tóxico crítico para algunos organismos acuáticos.

## Información adicional

El arsénico puede encontrarse en el medio ambiente en cualquiera de sus cuatro estados de oxidación (-3, 0, +3 y +5), dependiendo del pH, de los potenciales de oxidación (E) y de otros factores. Las propiedades físicas y químicas dependen del metaloide y se conocen únicamente las del arsénico metálico. Las propiedades de otros compuestos del arsénico son por lo general diferentes.

Fórmula química: As  
Nombre IUPAC: arsénico

## Propiedades físicas y químicas

Peso atómico: 74.91 g/gmol  
Punto de ebullición: 613°C  
Punto de fusión: 817°C  
Gravedad específica: 5.72 a 20°C  
Solubilidad en el agua: Insoluble; algunas sales son solubles.

## Transporte y destino

En la naturaleza, el arsénico tiene cuatro diferentes estados de oxidación y para determinar la distribución del arsénico y su movilidad es importante conocer la especie química. Dentro de esto, lo más relevante es la interconversión entre los estados de oxidación de +3 a +5, así como la complejación química. El arsénico es generalmente bastante móvil en el ambiente. En el medio acuático, es importante considerar la volatilización cuando la actividad biológica o las condiciones altamente reductoras producen arsinas o metilarsénicos. Los procesos de sorción por los sedimentos influyen considerablemente en el destino de estas sustancias químicas. Cierta número de organismos

metabolizan al arsénico a compuestos orgánicos y con ello se incrementa su movilidad. Debido a esta propiedad, el arsénico tiende a un ciclo, probablemente su destino último sea el fondo del océano, pasando por diferentes etapas antes de llegar a él.

### **Efectos sobre la salud**

Se ha relacionado al arsénico con el cáncer en la piel de los seres humanos. Hay también evidencia de que la inhalación de compuestos de este elemento causa cáncer en los pulmones. Existen informes, de una elevada incidencia de alteraciones en los cromosomas de células animales y humanas debido a estos compuestos. Se tiene conocimiento de que las sustancias que contienen arsénico son teratogénicas, fetotóxicas y embriotóxicas en varias especies animales y hay una incidencia creciente de malformaciones múltiples entre los niños que nacen de mujeres expuestas ocupacionalmente a este elemento y a sus compuestos. Los compuestos de arsénico también causan cambios no-cancerosos, posiblemente precancerosos en la piel, cuando la exposición es individual. Se ha informado de varios casos de polineuropatía progresiva involucrando nervios motores y sensores y afectando particularmente a las extremidades en individuos expuestos ocupacionalmente a compuestos inorgánicos que contienen dicho elemento o por la ingestión de alimentos contaminados por él.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Aparecen varias formas de compuestos inorgánicos del arsénico, teniendo niveles similares de toxicidad; todos ellos parecen ser mucho más tóxicos que las formas orgánicas. La toxicidad crítica para animales adultos de agua fresca sucede a niveles tan bajos de trióxido de arsénico del orden de 812  $\mu\text{g}/\text{litro}$  y a niveles tan bajos como 40  $\mu\text{g}/\text{litro}$  para las primeras etapas de la vida de los organismos acuáticos. La toxicidad crítica para peces de agua salada sucede a niveles cercanos a 15  $\text{mg}/\text{litro}$ , mientras que algunos invertebrados se afectan a niveles mucho más altos (508  $\mu\text{g}/\text{litro}$ ). La toxicidad del arsénico parece no incrementarse considerablemente con la exposición crónica y parece que el arsénico no se bioconcentra en un mayor grado.

El envenenamiento por arsénico es raro entre animales domésticos. Puede ser el causante de hiperemia y edema del tracto gastrointestinal, hemorragias cardíacas, congestión y edema pulmonar; puede provocar necrosis del hígado. No se ha informado intoxicación por arsénico para organismos silvestres terrestres en la literatura revisada.

### **Reglamentación y normas**

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática

Agua dulce:

Toxicidad crítica: 440  $\mu\text{g}/\text{litro}$

Toxicidad crónica: Dato no disponible

Agua salada:

Toxicidad crítica: 508  $\mu\text{g/litro}$

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 arsénico en agua son:

Riesgo	Concentración
$10^{-5}$	22 ng/litro
$10^{-6}$	02.2 ng/litro
$10^{-7}$	00.22 ng/litro

Unidades de riesgo CAG, (USEPA):  $15 \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Norma nacional primaria provisional para agua potable (USEPA):  $50 \mu\text{g/litro}$ .

Norma recomendada por NIOSH (aire):  $2 \mu\text{g/m}^3$  nivel máximo

Norma OSHA (aire):  $500 \mu\text{g/m}^3$  TWA

Valor del límite umbral ACGIH:  $200 \mu\text{g/m}^3$  (compuestos solubles, como As).

Norma Técnica Ecológica Mexicana:  $5.0 \text{ mg/litro}$

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable:  $0.05 \text{ mg/litro}$

### Medidas de protección personal

Debe adiestrarse a los trabajadores en medidas de higiene personal y saneamiento, así como el uso de protección personal y el reconocimiento precoz de los síntomas de absorción, irritación por contacto cutáneo y sensibilización. Con excepción de la arsina y el tricloruro de arsénico, los compuestos de arsénico no tienen olor ni cualidades que adviertan su riesgo. En caso de emergencia y en áreas con mucho polvo o aerosoles, los trabajadores deben usar máscaras con respiradores de línea de aire o, de presión positiva que cubran la cara. En las áreas donde las concentraciones son menos de cien veces el límite, los trabajadores deben usar respiradores de media máscara con filtros para polvo o humo. Debe proporcionarse ropa protectora, guantes y anteojos de seguridad, además de una capucha para la cabeza y el cuello. Cuando se procesan líquidos debe proveerse a los trabajadores de ropa impermeable. Además, es necesario proporcionarles ropa limpia todos los días y los operarios deben bañarse antes de vestir ropa de calle.

### Exposición ocupacional

Los compuestos de arsénico tienen una variedad de usos. Los arseniatos y los arsenitos se utilizan en la agricultura como insecticidas, herbicidas, larvicidas y plaguicidas en general. El tricloruro de arsénico se utiliza fundamentalmente en la producción de fármacos. Otros compuestos de arsénico se usan en la producción de pigmentos, como agentes decolorantes

o bronceantes, en la manufactura de vidrio opaco y esmaltes, la impresión textil, taxidermia y pinturas antióxido. También se emplean para controlar la formación de lodo en los aceites lubricantes. El arsénico metálico se usa como aleación para endurecer municiones de plomo y materiales que contienen plomo. También se utiliza como aleación con el cobre para aumentar su flexibilidad y resistencia a la corrosión.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Controladores de hierbas acuáticas  
Esmaltadores  
Fabricantes de aleaciones  
Fabricantes de calderas  
Fabricantes de cerámicas  
Fabricantes de colorantes de anilina  
Fabricantes de compuestos semiconductores  
Fabricantes de cuero  
Fabricantes de esmaltes cerámicos  
Fabricantes de fuegos artificiales  
Fabricantes de herbicidas  
Fabricantes de insecticidas  
Fabricantes de latón  
Fabricantes de medicamentos  
Fabricantes de metal Babbit  
Fabricantes de pigmentos  
Fabricantes de pinturas  
Fabricantes de raticidas  
Fumigadores de árboles  
Fundidores de cobre  
Fundidores de plomo  
Impresores de textiles  
Pintores  
Preservadores de cuero  
Refinadores de oro  
Refinadores de plata  
Rociadores de hierbas  
Taxidermist  
Trabajadores de arsénico  
Trabajadores de bronce  
Trabajadores de metal para tipos  
Trabajadores de municiones de plomo  
Trabajadores de refinería de petróleo  
Trabajadores de tintas de imprenta

# BARIO

## Resumen

En su forma pura el bario es un metal extremadamente reactivo, el cual se descompone en el agua. Forma sales de carbonatos y sulfatos insolubles en el agua y generalmente está presente en concentraciones menores a 1 mg/litro. Las formas insolubles del bario no son muy tóxicas, pero sí lo son sus sales solubles después de una exposición crítica, pues tienen un efecto estimulante prolongado sobre los músculos. Después de inhalar polvos de bario puede resultar una neumoconiosis benigna, baritosis. La norma de agua potable primaria provisional (USEPA), es de 1 mg/litro.

Fórmula química: Ba  
Nombre IUPAC: bario

## Propiedades físicas y químicas

Peso atómico: 137.3 g/g mol

Punto de ebullición: 1640°C

Punto de fusión: 725°C

Gravedad específica: 3.5

Solubilidad en el agua: Se descompone; se combina con los sulfatos presente en las aguas naturales para formar BaSO<sub>4</sub>, el cual tiene una solubilidad de 1.6 mg/litro a 20°C.

Solubilidad en orgánicos: Es soluble en alcohol; insoluble en benceno.

## Transporte y destino

El bario es extremadamente reactivo, se descompone en el agua y rápidamente forma sales de carbonato y sulfatos insolubles. El bario se presenta en cantidades mínimas generalmente en solución en aguas superficiales y subterráneas. No se disolverán grandes cantidades de él, debido a que las aguas naturales normalmente contienen sulfatos y la solubilidad del sulfato de bario es baja. El bario no es soluble en más de unas cuantas partes por millón en agua que contiene sulfatos en bajas concentraciones. Sin embargo, el sulfato de bario puede ser considerablemente más soluble en presencia de cloruro y otros aniones. Los programas de monitoreo muestran que es raro encontrar bario en agua potable a concentraciones mayores a 1 mg/litro. Puede ocurrir el transporte atmosférico de bario en forma de partículas. El proceso de bioacumulación no es importante para el bario.

## Efectos sobre la salud

No existen informes sobre carcinogenicidad, mutagenicidad o teratogenicidad asociados con exposición al bario o a sus compuestos. Hay referencias de efectos sobre gametogénesis y en los órganos reproductivos de ratas hembras y machos después de inhalaciones de

carbonato de bario; las inyecciones intratesticulares de cloruro de bario afectan los órganos reproductivos del macho.

Las formas insolubles del bario, particularmente del sulfato de bario, no son tóxicas por ingestión o inhalación debido a que sólo se absorben cantidades mínimas. Sin embargo, los compuestos de bario solubles son altamente tóxicos en humanos después de una exposición por cualquier ruta.

El efecto del envenenamiento crítico con bario más importante es una fuerte acción estimulante prolongada sobre el músculo. Los músculos cardíacos no estriados y el esqueleto son los que más se alteran y puede ocurrir un incremento pasajero en la presión de la sangre debido a vasoconstricción. Se han realizado estudios de los efectos sobre el sistema hematopoyético y la corteza cerebral en humanos. La ingestión accidental de las sales solubles de bario han tenido consecuencias de gastroenteritis, parálisis muscular, fibrilación ventricular y extrasístoles. Pueden aparecer deficiencias de potasio en caso de envenenamiento crítico. Las dosis de carbonato y cloruro de bario de 57 mg/kg y 11.4 mg/kg respectivamente, se han informado como fatales en seres humanos. Se ha confirmado mediante estudios con animales experimentales la toxicidad como digitalis, la estimulación muscular y trastornos del sistema nervioso central y del sistema hematopoyético. No existen datos disponibles para determinar los efectos crónicos en animales, a bajos niveles de exposición de bario por ingestión.

La baritosis, una neumoconiosis benigna, es una enfermedad ocupacional que surge de la inhalación de los polvos de sulfato de bario, de óxido de bario y del carbonato de bario. Los cambios radiológicos producidos en los pulmones son reversibles cuando cesa la exposición. Otros informes de exposición industrial para los compuestos de bario, describen nodulación pulmonar con o sin disminución de la función del pulmón. Los polvos de óxido de bario son agentes considerados como potencialmente provocadores de irritaciones nasales y dérmicas. La vida media biológica para el bario es menor a 24 horas.

### **Toxicidad para animales domésticos y silvestres**

Los datos adecuados para la caracterización de la toxicidad en animales domésticos y silvestres no están disponibles.

### **Reglamentación y normas**

Norma nacional primaria provisional para agua potable (USA): 1 mg/litro.

Norma OSHA: 0.5 mg/m<sup>3</sup> (en compuestos solubles, como Ba).

Valor del límite umbral ACGIH: 0.5 mg/m<sup>3</sup> (en compuestos solubles, como Ba).

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 100 mg/litro

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable: 1.0 mg/litro

## **Medidas de protección personal**

Los empleados deben recibir el adiestramiento en cuanto a la higiene personal y la importancia de no comer en las áreas de trabajo. Son esenciales un buen mantenimiento y una ventilación adecuada. Pueden necesitarse máscaras antipolvo, respiradores o anteojos de seguridad, además de ropa protectora en las áreas donde hay cantidades elevadas de las formas solubles o alcalinas.

## **Exposición ocupacional**

El bario metálico se usa para la remoción del gas residual en tubos al vacío y en las aleaciones con níquel, plomo, calcio, magnesio, sodio y litio. Los compuestos de bario se utilizan en la manufactura de litopón (un pigmento blanco en las pinturas), cloro, hidróxido de sodio, válvulas y barnices verdes, en la vulcanización de caucho sintético, en procedimientos diagnósticos con rayos X, manufactura de vidrio, fabricación de papel, purificación de azúcar y de remolacha, refinación de aceite vegetal y animal. Se emplean también en la industria del ladrillo y azulejos, pirotecnia y en la industria electrónica. Se encuentran en lubricantes, plaguicidas, cristales, colorantes y terminaciones textiles, fármacos y cementos que van a ser expuestos al agua salada. El bario también se usa como rodenticida, fluido (de soldar) para aleaciones de magnesio, estabilizador y lubricantes de moldes en la industria plástica y del hule, como extendedor de pinturas y como aditivo de color blanco para el papel, jabón, hule y linoleo, así como extinguidores de fuego de uranio y plutonio.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

- Fabricantes de cerámica
- Fabricantes de plástico
- Fabricantes de jabones
- Fabricantes de ladrillos
- Fabricantes de linoleo
- Fabricantes de pinturas
- Fabricantes de colorantes
- Fabricantes de tejas
- Refinadores de aceite animal
- Trabajadores de textiles
- Procesadores de cera

# 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.

Coefficiente 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/m<sup>3</sup>) 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 EC<sub>50</sub> 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 µg/litro

Toxicidad crónica: Dato no disponible

#### Agua salada:

Toxicidad crítica: 5,100 µg/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 µg/litro
$10^{-6}$	0.66 µg/litro
$10^{-7}$	0.066 µg/litro

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

Norma OSHA: 30 mg/m<sup>3</sup> TWA

75 mg/m<sup>3</sup> nivel del límite superior

150 mg/m 10-min nivel máximo

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

30 mg/m<sup>3</sup> TWA

75 mg/m<sup>3</sup> 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 clorobenzenos 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 benzenos 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 (monoclinicos).

### Transporte y destino

No hay información disponible al respecto.

### Efectos en la salud

Los clorobenzenos 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/m<sup>3</sup>  
1,4-Diclorobenceno 75 ppm ó 450 mg/m<sup>3</sup>

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 LD<sub>50</sub> 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 LD<sub>50</sub> 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  
( $\text{mg/kg/día}$ )<sup>-1</sup>

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  $\text{mg/litro}$

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable: 0.005  $\text{mg/litro}$

## 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:  $1 \times 10^{-5}$  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 LD<sub>50</sub> 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 LD<sub>50</sub> 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  $\text{LD}_{50}$  orales, en la dieta de especies de aves silvestres, van de 331 a 858 ppm (aproximadamente de 25 a 50 mg/kg). Las  $\text{LD}_{50}$  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/m<sup>3</sup> TWA

Valor límite umbral ACGIH (piel): 0.5 mg/m<sup>3</sup> TWA  
2 mg/m<sup>3</sup> 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

# CLOROBENCENO

## 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/cm<sup>3</sup>

Constante de Henry:  $3.56 \times 10^{-3}$  atm m<sup>3</sup> /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 LD<sub>50</sub> 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/m<sup>3</sup> TWA

Valor del límite umbral ACGIH: 350 mg/m<sup>3</sup> 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:  $\text{CHCl}_3$   
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/cm<sup>3</sup>

## 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 ( $\text{COCl}_2$ ) 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 LD<sub>50</sub> oral y de inhalación LD<sub>10</sub> para las ratas son 908 mg/kg y 39 000 mg/m<sup>3</sup> 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 LC<sub>50</sub> 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 LC<sub>50</sub> 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/m<sup>3</sup> 1-hr nivel del límite superior

Norma OSHA<sup>t</sup>: 244 mg/m<sup>3</sup> nivel del límite superior

Valor del límite umbral ACGIH<sup>tt</sup>: 50 mg/m<sup>3</sup> (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:  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$

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  $\text{CO}_2$ . 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 cardiacos 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 LD<sub>50</sub> por vía oral de 2 136 mg/kg, y por inhalación un LC<sub>50</sub> de 88 000 mg/m<sup>3</sup>/30 min para ratas.

### Tòxicidad 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 EC<sub>50</sub> 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):  $1.4 \times 10^{-2}$  (mg/kg/día)<sup>-1</sup>

Norma recomendada por NIOSH: 261 mg/m<sup>3</sup> TWA en la presencia de no más de 9.9 mg/m<sup>3</sup> de CO 1737 mg/m<sup>3</sup> /15 min concentración máxima

Normas OSHA: 1737 mg/m<sup>3</sup> TWA  
3474 mg/m<sup>3</sup> nivel máximo  
6948 mg/m<sup>3</sup> concentración máxima (5 min en 3 hr)

Valores del límite umbral ACGIH: 350 mg/m<sup>3</sup> TWA  
1740 mg/m<sup>3</sup> 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

# COLORURO 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:  $\text{CH}_2\text{CHCl}$

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:  $-13.37^\circ\text{C}$

Punto de fusión:  $-153.8^\circ\text{C}$

Gravedad específica: 0.9106 a  $20^\circ\text{C}$

Solubilidad en agua: 1100 mg/litro a  $25^\circ\text{C}$

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  $25^\circ\text{C}$

Densidad de vapor: 2.15

Temperatura de inflamación:  $-77.8^\circ\text{C}$

## 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 estratósfera, 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  $390 \text{ g/m}^3$ . 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  $\text{mg/m}_3$  TWA  
13  $\text{mg/m}_3/15$  min nivel Ceiling

Valor del límite umbral ACGIH: Carcinógeno humano 10  $\text{mg/m}^3$   
Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.2  $\text{mg/l}$

## 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

# CRESOLES

## Resumen

Las aplicaciones dérmicas de los cresoles promueven tumores en la piel de los ratones. Los cresoles son altamente irritantes a la piel, la membrana mucosa y los ojos. Pueden alterar las funciones del hígado y riñones y causar perturbaciones al sistema nervioso central.

Fórmula química:  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$

Nombre IUPAC: m-cresol, o-cresol, p-cresol

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Acido cresílico, cresilol tricresol

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 108.13 g/g mol

Punto de ebullición: 191-203°C

Punto de fusión: 10.9-35.5°C

Gravedad específica: 1.030-1.038 a 25°C

Solubilidad en agua: m-Cresol: 23,500 mg/litro a 20°C

o-Cresol: 31,000 mg/litro a 40°C

p-Cresol: 24,000 mg/litro a 40°C

Solubilidad en compuestos orgánicos: Miscible con alcohol, benceno, éter y glicerol

Coefficiente de partición Log octanol/ Agua: 2 (calculado)

Presión de vapor: 1 mm Hg a 38-53°C

Densidad de vapor: 3.72

pka: 10

Temperatura de inflamación: 80°C

## Transporte y destino

Por la información disponible, parece que el cresol no es muy volátil y que el proceso de transporte principal en el ambiente es el movimiento en el agua. En aguas superficiales acreadas, se fotooxida; y puede también oxidarse no-fotolíticamente por una reacción catalizada con metales en algunos de estos ambientes. En suma, la biodegradación por agua y por microorganismos del suelo es aparentemente un proceso de destino importante. Debido a los dos procesos competitivos de destino, probablemente el cresol no es muy persistente en el ambiente.

## Efectos sobre la salud

Ninguno de los isómeros del cresol se considera como un iniciador carcinogénico. Sin embargo, se ha informado que el o p y m-cresol administrado a ratones como solución al 20% en benceno, dos veces por semana durante 20 semanas provoca inicio de papilomas por una simple aplicación dermal de 9,10-dimetil-1,2.benzantraceno (DMBA) (Boutwell y Bosch, 1959).

Los cresoles son altamente irritantes a la piel, la membrana mucosa y los ojos. Exposiciones ocupacionales a los cresoles han ocasionado severas quemaduras y eczema. Aún cuando los isómeros del cresol tienen relativamente bajas presiones de vapor se ha informado que los cresoles transmitidos por aire causan dolor de cabeza, vómito y alteraciones digestivas.

Adicionalmente a que los cresoles son irritantes fuertes, pueden perjudicar las funciones del hígado y riñones y causar daños al sistema nervioso central y cardiovascular. Los valores orales para ratas de LD<sub>50</sub> para o-, p- y m-cresol son de 135 mg/kg, 180 mg/kg y 202 mg/kg, respectivamente. Los valores dérmicos LD<sub>50</sub> para conejos son de 1 380 mg/kg 2 050 mg/kg para los o- y m-isómeros del cresol, respectivamente.

### Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Los isómeros del cresol que flotan en la superficie del agua son tóxicos para los pescados y otras formas de vida acuática. Los embriones de las truchas son las especies más sensibles, con 24 horas ante los límites umbrales (TLm) de 2 mg/litro para o-cresol, 7 mg/litro para p-cresol y 4 mg/litro para m-cresol. De 24 a 96 horas para el pez de branquea azul los límites umbrales (TLm) son de aproximadamente de 21.5 mg/litro para o-cresol y 11.8 mg/litro para el p-isómero. EL valor LD<sub>0</sub> para el alga *Scenedesmus* es 40 mg/litro para los isómeros orto y para pero de 6 mg/litro para el m-cresol. No existe evidencia disponible de que los cresoles se bioacumulen en los tejidos de las especies de vida salvaje. No hay alteraciones en su capacidad reproductiva o cambios sutiles en las especies de vida salvaje que se atribuyan a estos compuestos.

### Reglamentación y normas

Norma recomendada por NIOSH: 10 mg/m<sup>3</sup> TWA

Norma OSHA (piel): 20 mg/m<sup>3</sup>

Valor del límite umbral ACGIH : 22 mg/m<sup>3</sup>

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 200 mg/l

### Medidas de protección personal

Para prevenir el contacto directo con el cresol deben usarse guantes y anteojos. En áreas donde hay concentración de vapor se recomienda el uso de máscaras con filtro para vapor orgánico.

## **Exposición ocupacional**

El cresol se usa como desinfectante, como agente de flotación mineral y como intermediario en la manufactura de productos químicos, colorantes, plásticos y antioxidantes. Por lo general, se utiliza una mezcla de isómeros. Las concentraciones de los componentes están determinadas por la fuente del cresol.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Fabricantes de agentes de flotación  
Fabricantes de colorantes  
Fabricantes de plástico  
Fabricantes de resinas  
Hiladores de lana  
Manipuladores de brea  
Manipuladores de desinfectantes químicos  
Manipuladores de esmaltes de aislamiento  
Manipuladores de estaño  
Manipuladores de removedores de pintura  
Trabajadores de fundiciones.

# CROMO

## Resumen

El cromo es un metal pesado que generalmente existe en ambos estados de oxidación trivalente o hexavalente. El cromo hexavalente (Cr VI) es más soluble y es bastante móvil en agua subterránea y agua superficial. Sin embargo, en la presencia de agentes reductores se convierte rápidamente en cromo trivalente (Cr III), el cual es fuertemente adsorbido hacia los componentes del suelo y consecuentemente es mucho menos móvil. Cierta número de sales de cromo hexavalente son carcinogénicas en ratas. En suma, un incremento en incidencia de cáncer pulmonar se observó en trabajadores ocupacionalmente expuestos al cromo (VI). El cromo hexavalente también causa daño renal en animales y humanos. El cromo trivalente es menos tóxico que el cromo hexavalente, su efecto de mayor importancia es la dermatitis por contacto en individuos sensitivos.

Fórmula química: Cr

Nombre IUPAC: Cromo

## Propiedades físicas y químicas

Peso atómico: 51.996 g/g mol

Punto de ebullición: 2672°C

Punto de fusión: 1857 - 20°C

Gravedad específica: 7.20 a 28°C

Solubilidad en agua: Insoluble; algunos compuestos son solubles

## Transporte y destino

El cromo hexavalente es muy soluble, existiendo en solución como un componente de un anión complejo. No es adsorbido en grado significativo por arcillas u óxidos metálicos hidratados. La forma aniónica varía de acuerdo al pH y puede ser un cromato, hidrocromato o dicromato. Debido a que todas las formas aniónicas son muy solubles, son bastante móviles en el ambiente acuático. El cromo (VI) se remueve mediante carbón activado y puede tener cierta afinidad por los materiales orgánicos en agua natural. El cromo (VI) es un agente oxidante fuerte y reacciona con materiales que lo reducen a la forma de cromo trivalente. La mayor parte del cromo (III) en el ambiente acuático es hidrolizado y precipitado como hidróxido de cromo. La adsorción en sedimentos y la bioacumulación eliminará mucho del cromo (III) remanente en la solución. El cromo (III) es débilmente adsorbido en materiales inorgánicos. El Cr (III) y el Cr (VI) son rápidamente interconvertibles en la naturaleza dependiendo de las condiciones del microambiente tales como pH, dureza, y los tipos de compuestos presentes. Las formas solubles del cromo se acumulan si las condiciones del ambiente favorecen al cromo (VI). Las condiciones favorables para la conversión a cromo (III) conllevan a la precipitación y adsorción del cromo en sedimentos.

En aire, el cromo es asociado principalmente con partículas de materia. Las fuentes de cromo en aire incluyen las partículas removidas por el viento y las emisiones de partículas

de los procesos industriales. Está disponible poca información concerniente a las cantidades relativas de cromo (III) y cromo (VI) en varios aerosoles. Las partículas pequeñas pueden asociarse y formar soles estables que pueden ser transportados varias millas antes de sedimentarse.

El cromo (III) tiende a ser adsorbido fuertemente por partículas de arcilla y partículas de materia orgánica, pero puede ser movilizado si se forman complejos con moléculas orgánicas. El cromo (III) presente en minerales puede ser movilizado en diferentes grados dependiendo de la factibilidad del clima y la solubilidad del material en el que está contenido. Los compuestos hexavalentes no son adsorbidos fuertemente por los componentes del suelo, por lo tanto el cromo (VI) es móvil en agua subterránea. El cromo (VI) se reduce a cromo (III) en suelos pobremente drenados que tengan un alto contenido de materia orgánica. El cromo (VI) de origen natural raramente se encuentra en suelos.

### **Efectos sobre la salud**

La forma hexavalente del cromo es de mayor importancia toxicológica en organismos superiores. Una variedad de sales de cromatos (Cr VI) son carcinogénicas en ratas y ha sido observado un exceso de cáncer pulmonar entre los trabajadores en la producción industrial de cromatos. Los compuestos de cromo (VI) pueden causar daño en el DNA y en los cromosomas en animales y humanos, y el trióxido de cromo (VI) es teratogénico en los ratones de laboratorio. La inhalación de sales de cromo hexavalente causan irritación e inflamación de la mucosa nasal y la ulceración y perforación del tabique nasal. El cromo (VI) también produce daño renal en animales y humanos. El hígado es también sensitivo a los efectos tóxicos del cromo hexavalente, pero aparentemente menos que los riñones o el sistema respiratorio. El cromo (III) es menos tóxico que el cromo (VI); su efecto más importante en humanos es una forma de dermatitis por contacto en individuos sensitivos.

### **Toxicidad para animales domésticos y silvestres**

El cromo es un nutriente esencial y es acumulable en una variedad de flora y fauna acuática y marina, especialmente en organismos bentónicos a niveles mucho mayores que en el ambiente del agua. Los niveles bióticos, sin embargo, comúnmente son menores que los niveles en sedimentos. El camino del cromo a través de la cadena alimenticia puede ser demostrado. La cadena alimenticia parece ser un camino más eficiente para la asimilación del cromo que tomarlo directamente del agua de mar.

La dureza del agua, la temperatura, el oxígeno disuelto, las especies y la edad de los organismos de prueba, todos ellos modifican los efectos tóxicos del cromo en la vida acuática. El cromo III parece ser más críticamente tóxico para los peces que el cromo VI; lo contrario es cierto para estudios en términos de exposición crónica.

Ninguna de las plantas normalmente utilizadas para consumo humano o de animales, son acumuladoras de cromo. El cromo que absorben las plantas tiende a permanecer primordialmente en las raíces y se sitúa pobremente en las hojas. Existe poca tendencia para que el cromo se acumule a lo largo de la cadena alimenticia en la forma orgánica trivalente. Los compuestos orgánicos de cromo, los cuales son poco conocidos, pueden tener tendencias

significativamente diferentes a la bioacumulación. Hay poca información concerniente a los efectos del cromo sobre los animales domésticos y los mamíferos silvestres.

## Reglamentación y normas

Criterios de calidad del agua (USEPA):

Cr (VI):

Vida acuática (criterios propuestos)

Agua dulce:

Toxicidad crítica: 11  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 7.2  $\mu\text{g/litro}$

Agua salada:

Toxicidad crítica: 1200  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 54  $\mu\text{g/litro}$

Salud Humana

Criterio: 50  $\mu\text{g/litro}$

Cr (III):

Vida acuática (criterios propuestos)

Agua dulce:

Toxicidad crítica:  $\text{Exp}[0.819(\ln\{\text{dureza}\}) + 3.568]$   $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica:  $\text{Exp}[0.819(\ln\{\text{dureza}\}) + 0.537]$   $\mu\text{g/litro}$

Agua salada:

Los datos disponibles no son adecuados para establecer criterios.

Salud Humana

Criterio: 170  $\text{mg/litro}$

Unidades de riesgo CAG para exposición por inhalación de Cr (VI) (USEPA):  
 $41 \text{ mg/kg/día}^{-1}$

Norma nacional primaria provisional para agua potable: 50  $\mu\text{g/litro}$

Normas recomendadas NIOSH para cromo (VI):

1  $\mu\text{g/m}^3$  carcinogénico

25  $\mu\text{g/m}^3$  no carcinogénico TWA

50  $\mu\text{g/m}^3$  no carcinogénico

(15 minutos de muestreo)

Normas OSHA: las normas para aire OSHA, han sido asignadas para varios compuestos de cromo. La mayoría de los compuestos de cromo, se reconocen o se sospecha que sean carcinogénicos y tienen un límite superior de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Valores de límite umbral ACGIH: varios compuestos de cromo, tienen intervalos TWAs entre  $0.05$  a  $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ . En el procesamiento del mineral cromita (cromato), ciertos compuestos de cromo (VI), insolubles en agua y cromatos de plomo y zinc son reconocidos o se sospecha que sean carcinogénicos para los humanos y tiene  $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$  TWAs.

Norma Técnica Ecológica Mexicana:  $5.0 \text{ mg}/\text{litro}$

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable:  $0.05 \text{ mg}/\text{litro}$

### **Medidas de protección personal**

En áreas donde hay exposición al ácido crómico debe usarse ropa que proteja todo el cuerpo, además de guantes, delantales y zapatos impermeables. Cuando existe la posibilidad de que el ácido crómico pueda afectar los ojos por derrames o salpicaduras deben usarse anteojos de seguridad y protección facial impermeable. La vestimenta debe cambiarse al fin de cada turno y el trabajador deberá bañarse antes de vestir ropa de calle. Debe, asimismo entregársele ropa limpia al comienzo de cada turno. En áreas donde la exposición a polvos o nieblas exceda los límites federales o donde las concentraciones excedan por corto tiempo el valor promedio ponderado y en caso de emergencias deben utilizarse respiradores. Según sea la concentración de la exposición deben usarse respiradores con filtro para polvo, humos, nieblas o bien respiradores con líneas de aire.

### **Exposición ocupacional**

El trióxido de cromo se usa en el enchapador de cromo, en lavado de gases de cobre para rectificación, en la anodización del aluminio, como catalizador en refractarios, en síntesis orgánica y en fotografía.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

- Anodizadores
- Enchapadores eléctricos
- Fotograbadores
- Litógrafos
- Purificadores de aceite
- Soldadores
- Trabajadores del acero inoxidable
- Trabajadores del decapado de cobre
- Trabajadores de la industria fotográfica
- Trabajadores de metales
- Trabajadores de textiles
- Trabajadores del vidrio

# 1,2-DICLOROBENCENO

## Resumen

El diclorobenceno (DCB) es probablemente persistente en el medio ambiente natural. En ratas, la exposición crónica por vía oral al diclorobenceno causa daño al hígado y al riñón y cambios en el sistema hematopoyético. En humanos, el DCB es un irritante de ojos y piel; la exposición por inhalación provoca náuseas e irrita las membranas.

Fórmula química:  $C_6H_4Cl_2$

Nombre IUPAC: Diclorobenceno

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Diclorobenceno, DCB

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 147.01 g/g mol

Punto de ebullición: 1,2-DCB: 180.5°C

1,3-DCB y 1,4-DCB: 173°C

Punto de fusión: 1,2-DCB: -17.0°C

1,3-DCB: -24°C

1,4-DCB: -53°C

Gravedad específica: 1.3 a 20°C

Solubilidad en el agua: 1,2-DCB: 145 mg/litro a 25°C

1,3-DCB: 123 mg/litro a 25°C

1,4-DCB: 80 mg/litro a 25°C

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

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 3.38

Presión de vapor: 1 mm Hg a 20°C

Densidad de vapor: 5.05

Constante de la ley de Henry:  $1.99 \times 10^{-3}$  atm m<sup>3</sup> /mol

Temperatura de inflamación: 71°C

## Transporte y destino

Relativamente se dispone de poca información concerniente al destino en el medio ambiente del diclorobenceno (DCB). Se espera que el DCB se volatilice a una velocidad relativamente rápida y pueda ocurrir un transporte atmosférico. Se tiene un estimado de vida media para remoción de aguas superficiales agitadas de 9 horas o menos. Se ha referido que el diclorobenceno es reactivo cerca de radicales hidróxilo en aire con una vida media cercana a 3 días, pero una evidencia indirecta sugiere que el DCB no se hidroliza a una velocidad significativa bajo condiciones ambientales normales. El alto coeficiente de partición log octanol/agua para el DCB indica que la adsorción en materia orgánica en sistemas acuáticos y suelos es probablemente un proceso importante de destino ambiental. Una evidencia indirecta sugiere que la bioacumulación puede ser también un proceso de destino importante.

El DCB aparenta ser resistente a la biodegradación. Sin embargo, esto se puede romper en algún grado por microorganismos contaminantes aclimatados. La sorción, la bioacumulación y la volatilización con una subsecuente oxidación atmosférica pueden ser procesos competitivos, con el destino dominante determinado por las condiciones ambientales locales. Si la volatilización no ocurre, es probable que el diclorobenceno sea bastante persistente.

### Efectos sobre la salud

Existe una idea general acerca de que los resultados disponibles son inadecuados para determinar el potencial carcinogénico del DCB en animales y humanos. Un estudio sugiere una asociación entre la exposición del diclorobenceno y varios casos de leucemia. Se reportó que el DCB es no mutagénico en sujetos de prueba *Salmonella typhimurium*. Se ha informado que actividades mutagénicas y clastogénicas ocurren en algunos sistemas vegetales de prueba. No se cuenta con resultados disponibles para evaluar los efectos teratogénicos o reproductivos en animales o humanos.

Síntomas de una intoxicación por inhalación crítica en humanos incluyen dolor de cabeza, náusea, e irritación de la garganta. El DCB es también un irritante de la piel y de los ojos.

Se han observado, después de una exposición crónica por vía dérmica o por inhalación al diclorobenceno una variedad de síntomas y signos como lo son debilidad, fatiga, y anemia.

La inhalación al DCB causa irritación a los ojos y al tracto superior respiratorio, depresión al sistema nervioso central y daños al hígado y riñón de animales experimentales. Se ha reportado un valor de  $LC_{20}$  de aproximadamente  $4900 \text{ mg/m}^3 / 7$  horas para las ratas. Se observaron efectos no tóxicos después de una diaria exposición de 7 horas por inhalación de más de  $560 \text{ mg/m}^3$  por 7 meses en varias especies de animales experimentales. Se informó que se presenta porfiria hepática en ratas después de una diaria intubación traqueal de  $455 \text{ mg/m}^3$  por más de 15 días. El resultado de una exposición oral es una estimulación del sistema enzimático microsomal del hígado y una toxicidad acumulativa. El valor por vía oral de la  $LD_{50}$  para las ratas es de  $500 \text{ mg/kg}$ . Una exposición crónica oral a  $188 \text{ mg/kg/día}$  causa daño al hígado y riñón en ratas. Una exposición de  $0.01\text{-}0.1 \text{ mg/kg/día}$  produce cambios al sistema hematopoyético, incrementa el tiempo protrombino y altera los reflejos condicionados y las actividades enzimáticas en ratas expuestas crónicamente. En general, el orden de incremento de toxicidad es 1,4-DCB, 1,3-DCB, 1,2-DCB.

### Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Los valores de la  $LC_{50}$  de 48 horas y 96 horas para *Daphnia* y el pez de branquia azul, respectivamente, probados bajo condiciones estáticas, fueron de  $2\ 440$  y  $5\ 590 \text{ µg/litro}$  (1,2-DCB);  $28\ 100$  y  $5\ 020 \text{ µg/litro}$  (1,3-DCB); y  $11\ 000$  y  $4\ 280 \text{ µg/litro}$  (1,4-DCB). Dos ensayos de flujos continuos usando pez lerdo y trucha arcoiris dió un valor para la  $LC_{50}$  de 96 horas cercano a  $3\ 000 \text{ µg/litro}$ . Se reportó un valor crónico de agua dulce de  $2\ 000 \text{ µg/litro}$  para el pez lerdo. Valores críticos para tres especies de agua salada están en el

rango de 1 970  $\mu\text{g/litro}$  para el camarón a 9 660  $\mu\text{g/litro}$  para el pez sargo. No se cuenta con valores crónicos disponibles para agua salada. Se reportó un factor de bioconcentración de cuerpo entero cercano a 80 para el pez de branquia azul.

Los niveles de efecto medio de 96 horas para la clorofila *a* y células son de 179 000 y 149 000  $\mu\text{g/litro}$ , respectivamente; en el alga de agua dulce *Selenastrum capricornutum*. En el alga de agua salada *Skeletonema costatum* los valores correspondientes son 44 200 y 44 100  $\mu\text{g/litro}$ , respectivamente.

## **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: 400  $\mu\text{g/litro}$

Norma OSHA: 300  $\text{mg/m}^3$  nivel máximo

Valor del límite umbral ACGIH: 300  $\text{mg/m}^3$  nivel máximo

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 4.3  $\text{mg/l}$

## **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. El o-diclorobenceno se usa como disolvente, fumigante, insecticida e intermediario químico. El p-clorobenceno se utiliza como insecticida, intermediario químico, desinfectante y antipolillas.

## **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  
Tintoreros

## 1,2-DICLOROETANO

### Resumen

EL 1,2-dicloroetano es un líquido inflamable y peligroso puede causar náuseas, dolor de cabeza, vértigo, también irrita la nariz, garganta y pulmones. El contacto puede causar irritación en la piel y ojos. La exposición prolongada puede causar daños en el hígado y riñones, edema pulmonar, puede ser carcinógeno.

Fórmula química:  $C_2H_4Cl_2$

Nombre IUPAC: 1,2-Dicloroetano

Sinónimos: Aceite de Holanda

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 99.08 g/g mol

Punto de ebullición: 83.51°C

Punto de fusión: -35.5°C

Punto de inflamación: 56°F

Solubilidad en sustancias orgánicas: Es miscible en los solventes comunes resistentes a la oxidación.

### Transporte y destino

La oxidación de 1,2-cloroetano es lenta con los radicales de oxígeno o peróxido, en el agua es igualmente lenta; probablemente no es un proceso de destino importante. En el subsuelo es susceptible a la hidrólisis química, también puede ser sujeto a biodegradación en el suelo bajo condiciones anaerobias. Rara vez se encuentra en los sedimentos de fondo o en la biota, esto sugiere la no bioacumulación del 1,2-dicloroetano.

### Efectos sobre la salud

Los vapores de 1,2-Dicloroetano pueden irritar la nariz, garganta y pulmones, causando tos, estornudos y dificultad para respirar. Altas concentraciones pueden dar origen a fluidos en los pulmones (Edema pulmonar). El contacto directo puede irritar la piel causando salpullido o erupción; también irrita los ojos. La exposición prolongada puede causar bronquitis desarrollada con tos, flemas y respiración agitada; también causa náuseas, vómito, falta de apetito, escalofríos e hipoglicemia. Daña los riñones e hígado.

### Toxicidad en animales domésticos y silvestres

No hay información al respecto.

## **Reglamentación y normas**

Norma recomendada por OSHA: 50 ppm promedio en 8 horas de trabajo y 100 ppm al ambiente.

Norma NIOSH: El límite de exposición recomendada es de 1 ppm promedio en 10 horas, en el centro de trabajo y 2 ppm que no exceda a un período de 15 minutos de exposición. Norma ACGIH: El límite de exposición es de 10 ppm promedio de 8 horas.

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.5 mg/litro

## **Medidas de protección**

Los trabajadores que usan ropa que pueda estar contaminada con 1,2-dicloroetano, deben mudarse de ropa limpia inmediatamente. La ropa contaminada debe lavarse por individuos que tengan información del riesgo de exposición. No llevar ropa contaminada del trabajo al hogar, los miembros de la familia pueden estar expuestos. Si hay contacto de 1,2-dicloroetano con la piel, lavar y frotar fuertemente para eliminar el compuesto químico. No comer, fumar o beber donde se encuentre el compuesto. Usar guantes y ropa resistente a los solventes los cuales deberán cambiarse diario. Emplear protector de respiración y de ojos.

## **Exposición ocupacional**

En años recientes, el 1,2-dicloroetano se ha utilizado extensamente en la manufactura de etilenglicol, diaminoetileno, cloruro de polivinilo, nylon, rayón viscoso, hule de estireno, butadienol y plásticos diversos. Se usa como disolvente de resinas, asfalto, ligantes bituminosos, caucho, acetato de celulosa y pinturas; como desengrasante en la industria textil, de ingeniería y del petróleo; se utiliza como agente para la extracción de aceite y cafeína de frijol de soya. También como antidetonante de la gasolina, como agente para encurtidos, en la fumigación y como agente para la limpieza en seco. Se utiliza en fotografía, fotocopiado, ablandamiento del agua, y en la producción de adhesivos, cosméticos, fármacos y barnices.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Elevadores de la pureza de minerales  
Exterminadores  
Desengrasadores de metal  
Fabricantes de adhesivos  
Fabricantes de alcanfor  
Fabricantes de baquelita  
Fabricantes de cloruro de vinilo  
Fabricantes de insecticidas  
Limpiadores en seco  
Limpiadores de textiles  
Mezcladores de gasolina  
Trabajadores con disolventes  
Servicios de salud y medicina  
Servicios de gas y sanitaria  
Eléctricos  
Maquinarias  
Agencias de automóviles y estaciones de servicios

# 1,1-DICLOROETILENO

## Resumen

El 1,1-dicloroetileno es un compuesto que reacciona vigorosamente con sustancias oxidantes, se descompone fácilmente. Es muy irritante y puede ser mutagénico para los seres humanos.

Fórmula química:  $C_2H_2Cl_2$

Nombre IUPAC: 1,1-Dicloroetileno

Sinónimos: Cloruro de vinilideno

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 97.98 g/g mol

Punto de congelación:  $-122^{\circ}C$

Punto de ebullición:  $31.6^{\circ}C$

Punto de inflamación:  $0^{\circ}C$

Temperatura de ignición:  $579^{\circ}C$

Límite inferior de explosividad: 7.3

Límite superior de explosividad: 16

Densidad: 1.213 g/ml

## Transporte y destino

No hay información disponible al respecto.

## Efectos sobre la salud

El 1,1-dicloroetileno se descompone con el calor emitiendo gases tóxicos de cloro, reacciona vigorosamente con materiales oxidantes, éstas propiedades lo hacen considerarse como un compuesto tóxico; es muy dañino y sus vapores son irritantes. Se ha observado en animales experimentales que es mutagénico.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

No hay información disponible al respecto.

## Reglamentación y normas

Norma ACGIH: 5 ppm

Norma MAK: 10 ppm Potencial carcinógeno.

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.7 mg/litro

**Medidas de protección personal**

No hay información disponible al respecto.

**Exposición ocupacional**

No hay información disponible al respecto.

**Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

No hay información disponible al respecto.

## DISULFURO DE CARBONO

### Resumen

El disulfuro de carbono es un líquido altamente refractario e inflamable que en su forma pura tiene un olor dulce y en su grado comercial y de reactivo, un olor fuerte. En concentraciones de alrededor de 1 ppm puede detectarse por su olor, pero el olfato se fatiga rápidamente, de modo que el olor no sirve como advertencia. Es débilmente soluble en agua y más soluble en disolventes orgánicos.

Fórmula química: CS<sub>2</sub>

Nombre IUPAC: Disulfuro de Carbono

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 76.12 g/g mol

Punto de fusión: -110.8°C

Punto de ebullición: 46.5°C

Punto de inflamación: -22 F

Densidad: 1.261

Presión de vapor: 400 mm

Densidad de vapor: 2.64

### Transporte y destino

No hay información disponible al respecto

### Efectos sobre la salud

El vapor de disulfuro de carbono en cantidad suficiente es un irritante poderoso para los ojos, la piel y las membranas mucosas. El contacto con el líquido puede causar vesiculación con quemaduras de segundo y tercer grados. También puede haber sensibilización de la piel. La absorción cutánea puede provocar degeneración localizada de los nervios periféricos, lo que se observa con mayor frecuencia en las manos. La irritación respiratoria puede derivar en bronquitis y enfisema; si bien estos efectos pueden ocultarse tras los efectos sistémicos.

La intoxicación con disulfuro de carbono se manifiesta en primer lugar por desórdenes psicológicos, neurológicos y cardiovasculares. Pruebas recientes indican que las alteraciones bioquímicas pueden permanecer en estado de latencia una vez que se han iniciado; los signos y síntomas clínicos se presentan por lo tanto, después de exposiciones subsecuentes.

Se ha observado que la exposición repetida produce desórdenes psicológicos subjetivos así como anomalías en el comportamiento. Las exposiciones agudas pueden causar extrema irritabilidad, ira incontrolable, tendencias suicidas y psicosis tóxica maníaco depresiva. Las

exposiciones crónicas han provocado insomnio, pesadillas, falta de memoria e impotencia. Las alteraciones menos graves incluyen cefalea, mareos y disminución de la habilidad mental y motriz, con explosiones de alegría y pérdida de coordinación.

Los cambios neurológicos producen polineuritis. Estudios experimentales realizados en animales han revelado lesiones en el tracto piramidal y extrapiramidal y degeneración generalizada de la cubierta de mielina de los nervios periféricos. Los signos y síntomas de la exposición crónica incluyen neuritis retrobulbar y óptica, pérdida del sentido del olfato, temblores, parestesias, debilidad y de manera característica, pérdida de reflejos en las extremidades inferiores.

La artereosclerosis y la enfermedad coronaria se han relacionado de manera significativa con el disulfuro de carbono. La artereosclerosis se desarrolla sobre todo en los vasos sanguíneos del cerebro, los glomérulos y el miocardio.

Antes de observarse alteraciones renales es característico que se presente una hipertensión retinal y anomalías en los electroencefalogramas. Cualquiera de las tres zonas señaladas puede verse afectada por la exposición crónica pero a menudo sólo un aspecto puede observarse.

Entre los manipuladores de disulfuro de carbono se ha observado un aumento significativo de la mortalidad por enfermedad coronaria. Diversos estudios han revelado además, mayor frecuencia de angina de pecho e hipertensión. El electrocardiograma puede ser anormal, lo que indica así mismo la importancia del disulfuro de carbono en la etiología de las enfermedades coronarias.

Otros efectos específicos incluyen gastritis crónica con el posible desarrollo de úlceras gástricas y duodenales; alteraciones de la actividad endócrina, específicamente adrenal y testicular, desarrollo eritrocítico anormal, con anemia hipocrómica, posible disfunción hepática, con presencia anormal de colesterol. En la mujer pueden producirse trastornos menstruales anormales. Estos efectos, por lo general se producen después de la exposición crónica y están subordinados a los demás síntomas.

Observaciones recientes en el hombre y en animales de experimentación han indicado varios cambios bioquímicos posibles. El disulfuro de carbono y sus metabolitos (ácidos ditiocarbónicos e isocianatos, por ejemplo) muestran interferencia aminoácida, inhibición de la monoaminoxidasa cerebral, trastornos endócrinos, interferencia en el metabolismo de lipoproteínas, proteína en la sangre y anomalías en los niveles de zinc, así como interferencia en el metabolismo inorgánico, debido a la quelación de los iones polivalentes. La relación directa entre estos cambios bioquímicos y las manifestaciones clínicas no se ha comprobado.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

No hay información disponible al respecto.

## **Reglamentación y normas**

Valores del límite umbral (ACGIH, 1989): 10 ppm

Norma OSHA: 20 ppm.

Valor IDLH: 500 ppm (NIOSH,1985)

Límite recomendado en exposición ocupacional:

NIOSH: 1 ppm (TWA).

10 ppm por 15 minutos de exposición.

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 14.4 mg/l

## **Medidas de protección personal**

Deben proporcionarse extractores locales, ventilación general y equipo de protección personal. En las fábricas modernas los humos del  $CS_2$  se controlan por lo general, por operación en depósitos cerrados. Donde hay concentraciones elevadas de humo se requiere el uso de máscaras con filtro para vapor orgánico o respiradores con filtro de aire. En las áreas donde pueden producirse salpicaduras sobre la piel debe usarse casco, guantes y anteojos, así como delantales.

## **Exposición ocupacional**

El disulfuro de carbono se utiliza en la manufactura de rayón viscoso, sal de amonio, tetracloruro de carbono, carbanilida, xantogenatos, agentes de flotación, desinfectantes del suelo, colorantes, tubos electrónicos al vacío, vidrio óptico, pinturas, esmaltes, barnices, diluyentes del barniz, sebo, textiles, explosivos, combustible para cohete, masilla, preservadores y goma para cemento; como disolvente para fósforo, azufre, selenio, bromo, iodo, celulosa alcalina, grasas, ceras, lacas, alcanfor, resinas y hule vulcanizado en frío. También se usa como desengrasante, en el análisis químico, galvanización, fumigación de granos, extracción de aceite y limpieza en seco.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Desengrasantes  
Fabricantes de agentes de flotación  
Fabricantes de barnices  
Fabricantes de combustible para cohetes  
Fabricantes de goma para cemento  
Fabricantes de masilla  
Fabricantes de preservadores  
Fabricantes de rayón  
Fabricantes de resina  
Fabricantes de sales de amonio  
Fabricantes de sebo  
Fabricantes de tetracloruro de carbono  
Fabricantes de textiles  
Fabricantes de tubos electrónicos al vacío  
Galvanizadores  
Manipuladores de caucho  
Pintores  
Procesadores de aceite  
Procesadores de azufre  
Procesadores de bromo  
Procesadores de cera  
Procesadores de grasas  
Procesadores de yodo  
Trabajadores de la limpieza

# ENDRIN

## Resumen

El endrín es un insecticida ciclodieno isómero del dieldrín. Probablemente se retiene en los suelos y sedimentos y es persistente en el medio ambiente. Se bioacumula fácilmente en organismos acuáticos. El endrín es muy tóxico para los mamíferos, organismos acuáticos y animales silvestres terrestres después de una exposición crítica. No se ha mostrado que sea carcinogénico o mutagénico, pero es un teratogénico potente e interfiere en la reproducción. Se absorbe por la piel, de igual manera que por inhalación y por la ingestión por el tracto gastrointestinal, siendo una importante causa de envenenamiento.

## Información adicional

Fórmula química:  $C_{12}H_8Cl_6O$

Nombre IUPAC: 1,2,3,4,10,10-Hexacloro-6,7-epoxi-1,4,4a,5,6,7,8,8a octahidro-endo-1,4:5,8-dimetanonaftaleno.

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Endrex, hexadrin, mendrhn.

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 380.9 g/g mol

Punto de fusión: Se descompone a 235°C

Gravedad específica: 1.65 a 25°C

Solubilidad en agua: 250 µg/litro a 25°C

Solubilidad en orgánicos: Soluble en acetona, benceno, tetracloruro de carbono, hexano y xileno.

Coefficiente de partición Log Octanol/Agua: 5.6

Presión de vapor:  $2.7 \times 10^{-7}$  mm Hg a 25°C

## Transporte y destino

El endrín es bastante persistente en el ambiente. La volatilización es probablemente uno de los procesos de transporte para esta sustancia en los suelos y en las aguas superficiales (Nash, 1983). Subsecuentemente, la fotólisis delta-ceto endrín y endrín aldehído, es aparentemente otra ruta de destino importante. No hay información disponible en la literatura revisada sobre la absorción del endrín en suelos y sedimentos, pero las propiedades físicas del compuesto sugieren que puede ser absorbente, por lo cual podría constituir un destino importante. El endrín se bioconcentra rápidamente en los organismos acuáticos, con factores de concentración de  $10^3$  y  $10^4$ . La biotransformación y la biodegradación también pueden ser destinos importantes para este insecticida.

## Efectos sobre la salud

No hay evidencias que muestren que el endrín sea carcinogénico o mutagénico. Sin embargo, resultó que en la reproducción de animales experimentales es un tóxico y teratogénico potente. Los efectos reproductivos incluyen mortalidad fetal y retardo en el crecimiento, paladar hendido, ojo abierto, pie deforme, meningoencefalitis y costillas fundidas. La exposición crónica a bajos niveles de endrín repercute primeramente en daños al sistema nervioso central, pero también tiene efectos adversos sobre el corazón, los pulmones, el hígado y los riñones. La toxicidad crítica del endrín se debe a sus efectos sobre el sistema nervioso central. Los valores de LD<sub>50</sub> dérmica y oral crítica para el endrín, suministrado a las ratas, fueron aproximadamente de 15 mg/kg.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

El endrín es muy tóxico para los organismos acuáticos. Los peces de agua dulce son generalmente más sensibles que los invertebrados. Con especies acuáticas, los valores críticos medios van de 0.15 a 2.1  $\mu\text{g/litro}$ . Los valores de LC<sub>50</sub> para organismos de agua salada están entre 0.037 y 14.2  $\mu\text{g/litro}$ . Los valores críticos finales para especies de agua dulce y de agua salada estuvieron entre 0.18 y 0.037  $\mu\text{g/litro}$ , respectivamente. Se determinó una relación crítica-crónica de 4.0, a partir de las pruebas crónicas en especies de agua dulce y de agua salada. Por tanto, los valores crónicos finales de especies de agua dulce fueron de 0.045  $\mu\text{g/litro}$  y los de agua salada se determinaron como 0.0093  $\mu\text{g/litro}$ .

El endrín resulta críticamente tóxico para animales terrestres silvestres y domésticos y se usa como rodenticida y un avicida. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central y desórdenes reproductivos por una exposición crónica. Se observaron efectos subletales en animales expuestos al endrín incluyendo conductas anormales, incremento en la mortalidad postnatal y aumento en la muerte fetal.

## Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática

Agua dulce:

Toxicidad crítica: 0.18  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 0.0023  $\mu\text{g/litro}$

Agua salada:

Toxicidad crítica: 0.037  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 0.0023  $\mu\text{g/litro}$

Salud Humana

Criterio: 1.0  $\mu\text{g/litro}$

Norma primaria para agua potable: 1.0  $\mu\text{g/litro}$

Norma OSHA: 100  $\mu\text{g/m}^3$  TWA

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.02 mg/l

## **Medidas de protección**

Cuando se trabaje en lugares cerrados, utilizar ventiladores en el sitio donde se realice la liberación química, si esto no es posible emplear mascarillas de respiración autónoma.

Usar ropa de protección especial incluyendo guantes, lentes, zapatos y gorras de protección, baño diario después de cada jornada de trabajo. Cambiar la ropa de trabajo contaminada, la cual debe lavarse por personas que tengan conocimiento del peligro de exposición. En caso de tener un contacto directo se recomienda lavar las zonas expuestas. No comer, no fumar y no beber cuando se almacene, maneje o procese el endrin. Lavarse cuidadosamente las manos antes de comer o fumar, utilizar un método de vacío o de humedad para reducir el polvo durante la limpieza. No barrer en seco.

Generales: Aislar el área de peligro, mantenerse contra el viento, mantener a las personas innecesarias alejadas, mantenerse alejado de las áreas bajas.

## **Exposición ocupacional**

No hay información disponible a este respecto.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Fabricantes de insecticida  
Manipuladores del insecticida

## ETER DICLOROETILICO

### Resumen

El éter dicloroetílico se usó en la fumigación del suelo, ahora se usa como solvente y como reactivo químico. Es muy soluble en agua y puede ser moderadamente persistente en el medio ambiente. Si se administra oralmente, el éter dicloroetílico causa un incremento en la incidencia de tumores en el hígado de ratones machos, al realizar el ensayo de Ames se encontró que era mutagénico. En el aire, es un irritante de ojos, y vías respiratorias y por inhalación puede dañar los pulmones, hígado, riñones y el cerebro.

Fórmula química:  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$

Nombre IUPAC: bis(beta-Cloroetiléter)

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Dicloroéter, óxido dicloroetílico, éter sim-dicloroetílico, éter bis-(2-cloroetílico), éter 2,2-dicloroetílico, DCEE, 1-cloro-2-(beta-cloroetoxi) etano, clorex.

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 143.02 g/g mol

Punto de ebullición: 178°C

Punto de fusión: -24.5°C

Gravedad específica: 1.22 a 20°C

Solubilidad en agua: 10 200 mg/litro

Solubilidad en sustancias orgánicas: Miscible con la mayoría de los solventes orgánicos

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 1.58

Presión de vapor: 0.71 mm Hg a 20°C

Densidad de vapor: 4.93 g/cm<sup>3</sup>

Temperatura de inflamación: 55°C

### Transporte y destino

Existe muy poca información disponible del éter dicloroetílico concerniente al transporte y destino en el ambiente y sobre la importancia relativa de los diferentes procesos de transporte y destino. Puede presentarse baja volatilización de este compuesto en los sistemas acuáticos y terrestres, subsecuentemente puede ocurrir el transporte atmosférico. Debido a que es poco soluble en agua, el éter dicloroetílico puede emigrar a través del suelo. No se espera que la fotólisis directa tenga lugar en la atmósfera o en las aguas superficiales. Sin embargo, puede ocurrir la foto-oxidación del éter dicloroetílico que alcanza la tropósfera. Se puede manifestar una ruptura hidrolítica lenta de los enlaces del cloruro de carbono y éste es probablemente el destino acuático más importante.

Aparentemente la adsorción en materia orgánica no es un proceso de transporte ambiental significativo. Una cantidad limitada de una evidencia indirecta sugiere que el éter dicloroetílico tiene un potencial pequeño para la bioacumulación. La información disponible

no es la adecuada para caracterizar la importancia de la biodegradación como un proceso de destino. Se ha informado acerca de que una degradación importante se puede presentar en sistemas acuáticos después de un período de aclimatación.

### **Efectos sobre la salud**

La administración oral de éter dicloroetílico causa un incremento en la incidencia de hepatomas en ratones machos. También se ha informado que es mutagénico en *Salmonella*. No se tienen resultados disponibles concernientes a los efectos teratogénicos y reproductivos.

Concentraciones de éter dicloroetílico de 100 ppm (600 mg/m<sup>3</sup>) y posiblemente menores causan irritaciones a los ojos, a las vías respiratorias y puede causar tos y náuseas. Se considera intolerable una exposición a concentraciones superiores a 550 ppm (3 300 mg/m<sup>3</sup>). Se refirieron como letales concentraciones de 500 ppm y 250 ppm para cerdos de guinea y ratas, respectivamente. Los efectos tóxicos más severos se observaron en pulmones, aún cuando también se afectan los riñones, el hígado y el cerebro. No se manifestaron efectos tóxicos serios después de una exposición crónica en cerdos de guinea y ratas a 69 ppm (420 mg/m<sup>3</sup>) de éter dicloroetílico.

El éter dicloroetílico es un irritante moderado de la piel. Sin embargo, se pueden adsorber por la piel cantidades tóxicas críticas y letales. Se señaló un valor oral de LD<sub>50</sub> de 75 mg/kg para ratas.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

No se encuentran disponibles resultados adecuados para caracterizar la toxicidad del éter dicloroetílico para animales domésticos y silvestres. Se ha referido que en general la toxicidad crítica de los éteres cloroalquilados para las especies acuáticas de agua dulce se presenta a concentraciones tan bajas como 238 000 µg/litro y esta toxicidad se presenta a concentraciones más bajas en especies más sensibles.

### **Reglamentación y normas**

Criterio en calidad del agua (USEPA):

#### **Vida acuática**

Los resultados disponibles no son los 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 éter dicloroetílico en agua son:

Riesgo	Concentración
$10^{-5}$	0.3 $\mu\text{g/litro}$
$10^{-6}$	0.03 $\mu\text{g/litro}$
$10^{-7}$	0.003 $\mu\text{g/litro}$

Unidad de riesgo CAG (USEPA):  $1.14 \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Norma OSHA:  $90 \text{ mg/m}^3$  nivel máximo

Valor del límite umbral ACGIH:  $30 \text{ mg/m}^3$  TLV  
 $60 \text{ mg/m}^3$  STEL

Norma Técnica Ecológica Mexicana:  $0.05 \text{ mg/l}$

### Medidas de protección personal

En casos de altas concentraciones de vapor deben usarse vestimentas de protección y máscaras con respiradores de aire que cubran toda la cara. Para prevenir la absorción cutánea se necesitan guantes y ropa especial. Debe usarse anteojos para evitar quemaduras en los ojos.

### Exposición ocupacional

El éter dicloroetílico se usa en la manufactura de pinturas, barnices, lacas, jabón y removedores. También se utiliza como disolvente para los ésteres de celulosa, naftalenos, aceites, grasas, pectina, alquitrán y goma, en la limpieza en seco, en el desengrase de textiles y en la fumigación del suelo.

### Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

- Desengrasantes
- Desengrasantes de textiles
- Ebanistas
- Fabricantes de ésteres de celulosa
- Fabricantes de lacas
- Fabricantes de jabón
- Fabricantes de pinturas
- Limpiadores al seco
- Procesadores de aceites
- Procesadores de alquitrán
- Procesadores de celulosa etílica
- Procesadores de goma
- Procesadores de grasa

## ETIL METIL CETONA

### Resumen

La etil metil cetona (MEK) retarda el desarrollo fetal y manifiesta algunos efectos teratogénicos en la descendencia de las ratas cargadas expuestas. A dosis altas, afecta al sistema nervioso e irrita ojos, la membrana mucosa y la piel. Adicionalmente, la etil metil cetona potencializa fuertemente los efectos neurotóxicos del n-hexano y de la n-hexanona.

Fórmula química:  $C_4H_8O$

Nombre IUPAC: Butanona

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Etil metil cetona, MEK, 2-butanona

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 72.1 g/g mol

Punto de ebullición: 79.6°C

Punto de fusión: -86.35°C

Gravedad específica: 0.805 a 20°C

Solubilidad en el agua: Muy soluble en agua

Solubilidad en sustancias orgánicas: Miscible con alcohol, éter, benceno y acetona

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 0.29

Presión de vapor: 71.2 mm Hg a 20°C

Densidad de vapor: 2.41

Temperatura de inflamación: 2°C

### Transporte y destino

Se encontró muy poca información en la literatura sobre el transporte y destino de la etil metil cetona. Sin embargo, las cetonas en general probablemente no son muy persistentes. La etil metil cetona tiene una presión de vapor elevada, por consiguiente se esperaría que se volatilizara fácilmente. No obstante, debido a que es altamente soluble en agua, probablemente la volatilización es limitada en sistemas acuáticos o en suelos húmedos. En cierto tiempo en la atmósfera aparentemente se oxida (Hoare y Whytock 1967). La etil metil cetona tiene un coeficiente de partición log octanol/agua bajo, por lo que probablemente no se adsorbe fácilmente. Puede ser que la biodegradación sea el destino predominante de la etil metil cetona en el medio ambiente debido a su naturaleza alifática.

### Efectos sobre la salud

La etil metil cetona no ha sido adecuadamente probada para determinar su carcinogenicidad y sólo se ha producido evidencia errónea de mutagenicidad en algunos ensayos bacterianos. Schwetz et al. (1974) reportó que la MEK causa retardo en el desarrollo fetal y algunos efectos teratogénicos (acaudia, ano imperforado y braquignatia) a

concentraciones de aire de 3 000 ppm (aproximadamente 9 000 mg/m<sup>3</sup>). La etil metil cetona es de relativa baja toxicidad pero a altas concentraciones afecta el sistema nervioso y causa irritación de los ojos, nariz y piel. El valor por vía oral de LD<sub>50</sub> para las ratas fue de 2 750 mg/kg. Aún cuando la MEK pura no es un neurotóxico fuerte, aparentemente potencializa fuertemente la neurotoxicidad de n-hexano y n-hexanona (metil n-isobutil cetona).

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Sólo se dispone de información limitada sobre la toxicidad de la etil metil cetona para los animales silvestres. Concentraciones de LC<sub>50</sub> para dos peces de agua dulce fueron alrededor de 5 600 µg/litro (Turnball et al. 1954; Wallen et al. 1957). La MEK resultó tóxica para el camarón de agua salada a niveles de LC<sub>50</sub> de 1 950 mg/litro.

No se encontró información de la toxicidad de la MEK en los animales silvestres o domésticos terrestres.

### **Reglamentación y normas**

Norma recomendada por NIOSH: 590 mg/m<sup>3</sup> TWA

Norma OSHA: (aire): 200 PPM (590 mg/m<sup>3</sup>) TWA

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 200 mg/l

### **Medidas de protección personal**

Debe evitarse el contacto con la piel y los ojos mediante el uso de ropa de protección. En áreas donde hay altas concentraciones de vapor debe usarse máscara.

### **Exposición ocupacional**

Este grupo de cetonas disolventes tiene muchos usos comunes. Son disolventes de bajo costo para resinas, lacas, aceites, grasas, colodión, algodón, acetato de celulosa, nitrocelulosa, ésteres de celulosa, resinas epoxídicas, gomas, pigmentos, colorantes, polímeros de vinil y copolímeros. Se usan como intermediarios químicos en la manufactura de pólvora sin humo y explosivos y en las industrias de la pintura, laca, barniz, plásticos, colorantes, celuloide, fotografía, cemento, caucho, seda y cuero artificial, hule sintético y aceites lubricantes. También se utilizan en fluidos lubricantes, compuestos de limpieza de metales, tintas de efecto rápido, lubricantes de aviones, compuestos de papel y textiles, productos farmacéuticos, cosméticos y como removedores de pintura y cera.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

**Fabricantes de adhesivos**  
**Fabricantes de barniz y tinturas**  
**Fabricantes de calzado**  
**Fabricantes de celuloide**  
**Fabricantes de ceras**  
**Fabricantes de colorantes**  
**Fabricantes de explosivos**  
**Manipuladores de disolventes**  
**Manipuladores de lubricantes**  
**Mecánicos de automóviles**  
**Procesadores de laca y aceite**

# FENOL

## Resumen

Cuando se aplica a la piel de ratones, el fenol parece tener efecto de promotor de tumores y puede ser un carcinogénico débil. Existen pruebas erróneas de que el fenol es mutagénico. Una exposición subcrónica con fenol causa daños en el hígado, riñón, pulmón y en el corazón de animales experimentales. En humanos, el fenol ha mostrado ser irritante de ojos, nariz y garganta.

Fórmula química:  $C_6H_5OH$

Nombre IUPAC: Fenol

Sinónimos: Acido carbólico, ácido fénico, hidroxibenceno

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 94.11 g/g mol

Punto de ebullición: 181.75°C

Punto de fusión: 43°C

Gravedad específica: 1.0576 a 20°C

Solubilidad en agua: 93 000 mg/litro a 25° C

Solubilidad en sustancias orgánicas: Soluble en alcohol, cloroformo, sulfuro de carbono; muy soluble en éter, miscible con tetracloruro de carbono y con benceno caliente.

Coefficiente de partición Log octanol/ Agua: 1.46

Presión de vapor: 0.3513 mm hg a 25°C

Densidad de vapor: 3.24 g/cm<sup>3</sup>

pKa: 10.02

Temperatura de inflamación: 85°C

## Transporte y destino

La foto-oxidación puede ser un proceso de degradación importante, especialmente en aguas superficiales claras y aeradas. El fenol puede oxidarse no-fotolíticamente en aguas aeradas que contengan hierro y cobre en solución o como sólidos suspendidos. El coeficiente de partición relativamente bajo log octanol/agua del fenol, como lo indican las pruebas experimentales disponibles, sugieren que la sorción y la bioacumulación no son procesos de destino ambiental relevantes. La biodegradación puede ser un camino importante para el destino en sistemas acuáticos y suelos cuando están presentes concentraciones considerables de microorganismos. Adicionalmente se ha informado que al menos en una especie de peces es probable la biotransformación del fenol.

El dominio de la foto oxidación, la oxidación metal-catalizada o la biodegradación como vías destructivas dependen de las condiciones particulares del ambiente, pero los productos de degradación son similares para todas las rutas de destino. El primer paso, generalmente envuelve una amplia hidroxilación de los compuestos de anillos aromáticos, seguida por una oxidación a benzoquinona y una descomposición de las estructuras de anillos

aromáticos. Existe una posibilidad de que el fenol presente en aguas superficiales pueda volatilizarse a la atmósfera. Sin embargo, ya que el fenol sería rápidamente foto-oxidado en la tropósfera, no es probable algún transporte atmosférico significativo.

### **Efectos sobre la salud**

Aparentemente, el fenol posee actividad promotora de tumores en muchas lesiones de ratones cuando se aplica repetidamente a la piel rasurada después de una iniciación con carcinogénicos conocidos. Aún cuando esta es una evidencia errónea de que el fenol puede ser un carcinogénico débil cuando se aplica en lesiones de piel en ratones. La NCI informó que el fenol no era carcinogénico cuando se administraba en el agua potable de ratas y ratones. Se tiene una evidencia errónea de que el fenol puede tener efectos mutagénicos, aún cuando se necesita una evaluación más amplia. No se tienen resultados de que la exposición al fenol cause efectos teratogénicos. Se ha determinado que una exposición por inhalación subcrónica al fenol ocasiona daños al hígado, riñón, pulmón y al corazón en cerdos de guinea. Se observó un daño leve al hígado y riñones en ratas expuestas mediante una alimentación de 100 mg/kg/día por 20 días. Los valores de LD<sub>50</sub> por vía oral y epidermis para ratas son de 414 y 669 mg/kg, respectivamente, y el valor por inhalación de LC<sub>50</sub> es 316 mg/m<sup>3</sup>.

La exposición aguda provoca irritación de las vías respiratorias, ojos, piel y mucosa del aparato digestivo, produciendo quemaduras y llevando al colapso y coma; convulsiones, cianosis, alteraciones hepáticas y renales. La intoxicación crónica se caracteriza por un cuadro de cefalea, falta de apetito, diarreas, vómitos, dificultad para tragar; dermatitis, grietas en la piel y hepatomegalia. El fenol causa alteraciones al sistema nervioso como resultado de exposiciones prolongadas.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

La toxicidad crítica del fenol para especies de agua dulce se expresa sobre un intervalo de 2 a 3 órdenes de magnitud. Los valores críticos para algunas especies de peces están en el valor de 5 020 µg/litro para la trucha arcoiris joven a 67 500 µg/litro para el pez lerdo. El valor crítico para la trucha arcoiris y el valor de 5 000 µg/litro para *Daphnia magna* son los datos críticos más bajos observados. Un valor crónico de 2 560 µg/litro resultó de una prueba de estado de vida temprana para el pez lerdo, con una relación crónica-crítica de 14. Las concentraciones de los efectos medianos para embriones de ostión y de almeja son de 55 000 µg/litro. Se refirió que para el camarón de hierba y el tilo de la montaña, los valores de LC<sub>50</sub> son 5 800 y 11 000 µg/litro respectivamente. No existen efectos crónicos disponibles para especies de agua salada. Los factores de bioconcentración dados a conocer para el pez oro de 1.2 a 2.3, sugieren que no ocurrirán problemas remanentes de la exposición al fenol. No existen resultados apropiados disponibles concernientes al efecto del fenol en otros animales silvestres o domésticos.

## Reglamentación y normas

### Criterios en calidad del agua (USEPA):

#### Vida acuática

Los resultados disponibles no son adecuados para establecer un criterio. Sin embargo, se sabe que las concentraciones más bajas que causan efectos tóxicos en organismos acuáticos son:

#### Agua dulce:

Toxicidad crítica: 10 200  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 2 560  $\mu\text{g/litro}$

#### Agua salada:

Toxicidad crítica: 5 800  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: Dato no disponible

#### Salud humana

Criterio de salud: 3.5 mg/litro

Criterio organoléptico: 0.3 mg/litro

Norma recomendada por NIOSH: 20  $\text{mg/m}^3$  TWA  
60  $\text{mg/m}^3$  /15 min nivel máximo

Norma OSHA: 19  $\text{mg/m}^3$

Valor del límite umbral ACGIH: 19  $\text{mg/m}^3$  TWA  
38  $\text{mg/m}^3$  STEL

Departamento de transportación: Tóxico

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 14.4  $\text{mg/l}$

### Medidas de protección personal

En áreas donde pueden producirse salpicaduras del líquido deben usarse anteojos y ropa de protección. En zonas donde hay alta concentración de vapor deben utilizarse máscaras que cubran todo el rostro, con toma de aire suplementario, así como ropa de protección, guantes, botas de goma y delantal de hule.

## **Exposición ocupacional**

El fenol se usa en la producción o manufactura de explosivos, fertilizantes, coque, gas de alumbrado, negro de humo, pinturas, removedores de pinturas, caucho, materiales de asbesto, preservadores de madera, resinas sintéticas, textiles, medicamentos, preparados farmacéuticos, perfumes, baquelita y otros plásticos (resinas de fenol-formaldehído). El fenol también se utiliza como desinfectante, en la industria del petróleo, cuero, papel, jabón, juguetes, colorantes y productos agrícolas.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Fabricantes de desinfectantes  
Fabricantes de fertilizantes  
Fabricantes de negro de humo  
Fabricantes de papel  
Manipuladores de alquitrán de huya  
Manipuladores de colorantes  
Manipuladores de explosivos  
Manipuladores de herbicidas  
Manipuladores de jabón  
Preservadores de madera  
Recuperadores de caucho  
Sintetizadores de sustancias químicas orgánicas  
Trabajadores con pintura y removedores de pintura  
Trabajadores de curtidurías  
Trabajadores de gas de alumbrado

## 2,4-DINITROTOLUENO

### Resumen

El 2,4-dinitrotolueno se descompone con el calor emitiendo gases de óxidos de nitrógeno, los cuales son muy irritantes y pueden causar alergias; se absorben fácilmente por la piel causando resequedad. La exposición puede causar fatiga, vértigo, y disnea; la exposición prolongada provoca anemia, metahemoglobinemia, cianosis y daño en el hígado. Se ha informado que es carcinógeno en animales.

Fórmula química:  $C_7H_6N_2O_4$

Nombre IUPAC: 2,4-Dinitrotolueno

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 108 g/g mol

Punto de fusión: 70.5°C

Soluble en alcohol y éter

Escasamente soluble en agua

Cristal amarillo

### Transporte y destino

El dinitrotolueno es un cristal poco soluble en agua; la ruta de transporte principal en las aguas naturales puede ser la fotólisis. También se ha observado biodegradación en ambiente aerobio, con vida media de menos de una hora. Para la biotransformación total de 2,4-DNT, se requieren 14 días. No se ha encontrado evidencia de transformación de DNT en el suelo, pero en general los compuestos nitroaromáticos en el suelo se reducen a compuestos amino y se absorben en la materia orgánica del suelo, especialmente en un ambiente escaso de oxígeno. No se ha encontrado en peces el 2,4-DNT, por lo que es probable que no se bioacumule.

### Efectos sobre la salud

La inhalación prolongada de dinitrotolueno causa dolor de cabeza, vértigo y fatiga; a las personas expuestas constantemente les puede producir palpitación, insomnio, temblores musculares y narcosis; estos síntomas llevan a una depresión del sistema nervioso central, lesión en el hígado, metahemoglobinemia y anemia.

### Toxicidad en animales domésticos y silvestres

No hay información disponible al respecto.

## **Reglamentación y normas**

Norma ACGIH: valor del límite umbral 1.5 mg/m<sup>3</sup>.

Norma MAK: valor del límite umbral 1.5 mg/m<sup>3</sup> (epidermis).

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.13 mg/l

## **Medidas de protección personal**

EL lugar de trabajo debe tener ventilación adecuada. Los trabajadores deben usar gafas protectoras, mascarillas con filtro mecánico. Se recomienda usar ropa impermeable cuando se va a tener exposición al líquido. Excluir de la exposición a los individuos con enfermedades del hígado.

## **Exposición ocupacional**

En los dos principales estudios de exposición ocupacional de DNT, se observa una excreción de metabolitos después de terminar los trabajos de transporte del compuesto; también se encontraron cantidades variables de ácido 2,4-dinitrobenzónico excretado en la orina a exposiciones "normales".

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Trabajadores de síntesis de sustancias químicas orgánicas  
Trabajadores de explosivos  
Trabajadores de tintes o colorantes

# HEPTACLORO

## Resumen

El heptacloro es un plaguicida organoléptico. Junto con su metabolito activo, el epóxido del heptacloro es muy persistente en el ambiente. Cuando se administra oralmente a ratones ambas sustancias causan tumores al hígado. También tienen efectos mutagénicos. Estos químicos tienen un número de efectos reproductivos y teratogénicos, incluyendo el decremento del tamaño de las crías, la disminución del lapso de lactancia y el desarrollo de cataratas en los vástagos. La toxicidad aguda de el heptacloro y de su epóxido es muy alta. La exposición crónica provoca cambios en el hígado y puede causar daño al riñón. El heptacloro es también un tóxico fuerte para los peces y la vida salvaje.

## Información adicional

El heptacloro en grado técnico es una mezcla compleja que contiene aproximadamente 72% de heptacloro y 28% de compuestos afines. Es una cera suave con un punto de fusión de 46-74 °C.

Fórmula química:  $C_{10}H_5Cl_7$

Nombre IUPAC: 1,4,5,6,7,8,8-Heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metano indeno

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 373.3 g/g mol

Punto de fusión: 95-96°C

Gravedad específica: 1.57-1.59 a 9°C

Solubilidad en el agua: 0.056 a 0.180 mg/litro a 25-29°C dependiendo del tamaño de la partícula

Solubilidad en compuestos orgánicos: Soluble en etanol, éter, benceno, acetona, tetracloruro de carbono, xileno, keroseno, ciclohexanona y ligroína.

Presión de vapor: 0.0003 mm Hg a 25°C

## Transporte y destino

El heptacloro y su metabolito activo, el epóxido de heptacloro, son muy persistentes en el ambiente, impidiendo la descomposición química y biológica a sustancias inofensivas. La sorción de heptacloro en los sedimentos parece ser un proceso importante para la remoción del plaguicida en el agua, ya que la concentración residual en sedimentos es mayor que en el agua.

El heptacloro y el epóxido de heptacloro se ligan estrechamente a las partículas del suelo y persisten por años en el suelo después de su aplicación en la superficie. Sin embargo, el heptacloro aplicado como emulsificante concentrado se volatiliza más fácilmente que

cuando se aplica como una formulación granular. Algunos cultivos acumulan residuos de estos compuestos por absorción en los suelos.

Puede ocurrir el transporte atmosférico de vapores y partículas de polvo contaminadas a partir de los sitios aplicados con heptacloro. El heptacloro y su epóxido están dispersos en el aire, pero esto sucede generalmente a concentraciones bajas. Sin embargo, los niveles varían de acuerdo a la geografía y a la estación del año.

### **Efectos sobre la salud <sup>77</sup>**

El heptacloro y el epóxido del heptacloro son carcinogénicos para el hígado de ratones cuando se les administra en forma oral. Los resultados de los bioensayos de mutagenicidad sugieren que estos compuestos pueden presentar también actividad genotóxica. Los efectos reproductivos y teratogénicos en ratas incluyen un pequeño decremento en tamaño, un período de vida corto para ratas lactantes y el desarrollo de cataratas en la descendencia.

Las pruebas con animales de laboratorio, principalmente roedores, demostraron efectos tóxicos crónicos y agudos debido a la exposición a heptacloro. Sin embargo, el heptacloro y el epóxido del heptacloro se absorben más fácilmente a través del sistema gastrointestinal, otras rutas posibles de exposición son la inhalación y el contacto con la piel. Una exposición aguda a través de diferentes vías puede causar el desarrollo de coágulos en las venas hepáticas, afectar el sistema nervioso central y causar la muerte. La exposición crónica provoca cambios en el hígado, afecta la actividad enzimática microsomal del hígado y origina el incremento en la mortalidad de la descendencia. El LD<sub>50</sub> oral en ratas es de 40 mg/kg para el heptacloro y de 47 mg/l para el epóxido del heptacloro.

Aún cuando existen reportes de la toxicidad aguda y crónica en humanos, que incluyen síntomas como son temblores, convulsiones, daños en los riñones, colapso respiratorio y la muerte, los detalles de tales episodios no están bien documentados. El epóxido de heptacloro se ha encontrado en muestras de tejido adiposo humano en gran porcentaje, así como también en muestras de leche materna, efectuándose una bioacumulación de heptacloro/epóxido del heptacloro. Este compuesto también se ha encontrado en los tejidos de los infantes que nacen muertos, lo cual indica que posee habilidad para atravesar la barrera placentaria y bioacumularse en el feto.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

El heptacloro es tóxico a bajas concentraciones en algunas especies de peces e invertebrados acuáticos. El epóxido de heptacloro aparece en los sistemas acuáticos como un producto secundario de las transformaciones del heptacloro, pero la capacidad de diferentes organismos ante los efectos de la epoxidación varía. Los valores agudos promedio para las especies de agua dulce se encuentran entre 0.9 y 78 µg/litro para invertebrados y entre 13.1 y 320 µg/litro para pescados. Una prueba del ciclo de vida realizado con peces pequeños que se usan como cebo proporcionó un valor crónico de 1.26 µg/litro y una relación aguda-crónica de 80 para estas especies. Los valores agudos promedio en agua salada varían de 0.04 a 194 µg/litro para una variedad de especies de peces e invertebrados.

Un valor crónico de 1.58 µg/litro y una relación aguda-crónica de 3.9 se reportan para los cebos de los sargos (pez teleosteo acantopterigio marino de color plateado con franjas transversales negras).

El heptacloro muestra una fuerte tendencia a la bioacumulación. Se puede concentrar a niveles miles de veces mayores que aquéllos que se encuentran en una variedad de organismos acuáticos en los alrededores del agua. Debido a esta tendencia de bioacumulación, la exposición crónica a niveles mayores de 0.004 µg/litro se considera potencialmente nociva para la vida acuática. Sin embargo, este valor puede ser demasiado alto porque la concentración promedio en especies altas en lípidos será a niveles de acción FDA para consumo humano.

Residuos de heptacloro y epóxido de heptacloro se encuentran en una gran variedad de especies de animales domésticos y de vida salvaje, pero generalmente a niveles relativamente bajos. El empleo del heptacloro como abono para la semilla de granos de cereal se ha relacionado con la mortalidad entre pájaros granívoros y con el incremento de residuos en los tejidos de pájaros y mamíferos granívoros. También se encontraron residuos en aves, pero no se ha establecido una relación casual con los efectos de toxicidad observados. El incremento en la mortalidad entre pájaros, mamíferos, pescados y especies acuáticas se reportaron en áreas que fueron tratadas con heptacloro. Los residuos de heptacloro y de epóxido de heptacloro se encuentran regularmente en la comida y en siembras de alimentos, carne, pescado, gallineros, productos lácteos y huevos. Los valores de LC<sub>50</sub> orales para el heptacloro varían de 92 a 480 ppm en su dieta (alrededor de 20 mg/kg en peso del cuerpo) se refirieron para especies de pájaros silvestres

**Reglamentación y normas**

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática

Agua dulce:

Toxicidad crítica: 0.52 µg/litro  
Toxicidad crónica: 0.0038 µg/litro

Agua salada:

Toxicidad crítica: 0.053 µg/litro  
Toxicidad crónica: 0.0036 µg/litro

Salud humana

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

Riesgo	Concentración
10 <sup>-5</sup>	2.78 ng/litro
10 <sup>-6</sup>	0.28 ng/litro
10 <sup>-7</sup>	0.028 ng/litro

Unidades de riesgo CAG (USEPA):  $3.37 \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Norma OSHA (piel):  $0.5 \text{ mg/m}^3$  TWA

Valor del límite umbral ACGIH:  $0.5 \text{ mg/m}^3$  TWA  
 $2 \text{ mg/m}^3$  STEL

Norma Técnica Ecológica Mexicana:  $0.008 \text{ mg/l}$

### **Medidas de protección personal**

El heptacloro debe manejarse como carcinogénico con extrema precaución. Cuando sea posible, trabajar en sitios cerrados con extractores locales en el sitio de liberación química, si esto no es posible se deben usar respiradores. Utilizar ropa y guantes de protección, así como gafas a prueba de polvo. Lavar abundantemente después de una exposición al heptacloro y al final de la jornada de trabajo. Los trabajadores con ropa contaminada deben cambiarse inmediatamente. Tanto la ropa como el equipo de protección utilizados deben lavarse diariamente.

### **Exposición ocupacional**

No hay información disponible al respecto.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

No hay información disponible al respecto.

# HEXACLOROBENCENO

## Resumen

El hexaclorobenceno es muy persistente en el ambiente y puede bioacumularse. Es carcinógeno en ratones, ratas y hamsters, causando en las tres especies tumores en el hígado, tumores en el bazo y en la tiroides en los hamsters. Existe una evidencia errónea de que el hexaclorobenceno es teratogénico; efectos en la reproducción se han observado en ratas y monos. Los humanos que accidentalmente se han expuesto al hexaclorobenceno manifiestan numerosos efectos adversos incluyendo una extensión del hígado, síntomas reumáticos como la artritis y severos daños en la piel.

## Información adicional

Fórmula química:  $C_6Cl_6$

Nombre IUPAC: Hexaclorobenceno

Sinónimos importantes y nombres comerciales: HCB, perclorobenceno.

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 285 g/g mol

Punto de ebullición: 326°C

Punto de fusión: 230°C

Gravedad específica: 1.57 a 20°C

Solubilidad en agua: 10 µg/litro a 25°C

Solubilidad en compuestos orgánicos: Soluble en acetona, éter, benceno y cloroformo

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 6.18

Presión de vapor:  $1 \times 10^{-15}$  mm de Hg a 20°C

Densidad de vapor: 918

Punto de inflamación: 242°C

## Transporte y destino

El hexaclorobenceno (HCB) es persistente en el ambiente. Aún cuando tiene una presión de vapor baja se puede volatilizar debido a su escasa solubilidad y alto nivel de actividad en agua. El HCB tiene un elevado coeficiente de partición log octanol/agua, por lo que no se esperará que tenga una fácil movilidad en el suelo. También, su alta gravedad específica sugiere que probablemente se moviliza a través del suelo como una fase líquida no acuosa (NAPL) y no necesariamente en el agua subterránea.

El destino principal del hexaclorobenceno es la absorción momentánea en materiales orgánicos en suelo y sedimento. Aunque este enlace inmobilizará al HCB, no lo hará permanentemente, puede haber continuamente concentraciones de bajo nivel de HCB en los alrededores. Los organismos pueden bioacumular el HCB, ya que ocurre un bioaumento en

la cadena alimenticia. La degradación en el ambiente ocurre muy lentamente. Las dos posibles rutas de degradación son la fotólisis, que posiblemente se manifiesta por la presencia de materiales orgánicos fotosensibles en medio acuoso y la biodegradación por organismos terrestres y acuáticos.

### **Efectos sobre la salud**

El hexaclorobenceno es carcinógeno en ratones, ratas y hamsters. En las tres especies se presentan tumoraciones en el hígado, además los tumores del bazo y de la tiroides se originaron en hamsters tratados por HCB (Cabral et al. 1977). Existe una evidencia errónea que sugiere que el HCB es teratogénico a altos niveles de dosis en ratas (Khera 1974) y ratones (Courtney et al. 1976). La adición de HCB a las dietas de ratas produce efectos adversos en la reproducción a 160 ppm (aproximadamente 10 mg/kg/día) o más (Grant et al. 1977). El HCB presenta también efectos adversos en la reproducción de monos (Iatropoulos et al. 1976). En la epidemia por intoxicación de HCB en Turquía, en la cual el intervalo de mortandad total entre las personas expuestas fue cercano al 10%, el 95% de los niños lactantes cuyas madres estuvieron expuestas al HCB murieron. Este incidente fue originado por el consumo de semillas que habían sido tratadas con fungicidas que contenían HCB, se afectaron más de 3 000 personas por infecciones de la piel, los individuos afectados presentaron reacciones severas en la piel, incluyendo fotosensibilidad, incremento en la pigmentación, escoriaciones profundas y atropía en la piel. Varios niños presentaron síntomas reumáticos como artritis y cerca de un tercio de las víctimas manifestaron una extensión del hígado (Courtney 1979). Al parecer el HCB tiene un efecto adverso en el sistema inmunológico en ratones y provoca la mezcla de las funciones de las enzimas oxidantes en el hígado.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Se ha probado el hexaclorobenceno en algunos bioensayos acuáticos a corto plazo, pero no se observó toxicidad al límite de solubilidad del compuesto. Las codornices alimentadas con 20 ppm o más de HCB en su dieta para 90 días tuvieron un incremento en el peso del hígado y decreció el tamaño y el tiempo de incubación de sus huevos. Los cernícalos (aves de rapiña) alimentados con 20 a 80 ppm de HCB sufrieron daño histológico en sus hígados y riñones. Estudios de campo en depredadores y específicamente en pájaros que se alimentan de peces mostraron alguna correlación entre el incremento de los niveles de HCB y el incremento de la mortalidad, bajo índice de progenie e incremento en la porfiria. Sin embargo, otros contaminantes pudieron ser responsables de estos efectos.

Se observó una reducción en la reproducción de visón alimentado con 1, 5, o 25 ppm de HCB en su dieta (Bleavins et al. 1984). Los efectos involucraron un decremento en el tamaño de las crías, un incremento en la frecuencia de partos con productos muertos, un aumento en la mortalidad fetal y una disminución en el crecimiento postnatal.

## Reglamentación y normas

Criterios en calidad de agua (USEPA):

### Vida acuática

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

### Salud humana

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

Riesgo	Concentración
$10^{-5}$	7.2 ng/litro
$10^{-6}$	0.72 ng/litro
$10^{-7}$	0.07 ng/litro

Unidad de riesgo CAG (USEPA):  $1.67 \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.13 mg/litro

## Medidas de protección

Buenas medidas preventivas son el uso de cremas, ropa protectora como guantes, botas y gafas protectoras resistentes a los compuestos químicos, así como una buena higiene personal. Se recomienda el uso de respiradores en áreas donde hay altas concentraciones de vapor. Evitar el contacto con la piel, ojos y boca. Excluir de la exposición a los individuos que padezcan del hígado y riñones. En cuanto a controles de ingeniería, se recomienda proporcionar un control adecuado de polvos y mantenerse por debajo del límite de exposición. Almacenar en áreas secas lejos de productos comestibles.

## Exposición ocupacional

El benceno clorado se utiliza como intermediario en las tinturas y como disolvente. No se usa en la industria, pero sí como intermediario químico y en menor medida como insecticida y disolvente.

## Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Fabricantes y manipuladores de insecticidas  
Fumigadores  
Síntetizadores de sustancias químicas orgánicas  
Químicos

# HEXACLOROBUTADIENO

## Resumen

La exposición al hexaclorobutadieno puede causar severos daños a los riñones y al hígado, puede afectar la respiración y pasar a través de la piel, provocando irritación y quemaduras; el contacto prolongado puede ser carcinógeno sobre todo para las manos. Puede ser teratógeno.

Fórmula química:  $C_4Cl_6$

Sinónimos: Perclorobutadieno

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 261.24 g/gmol

Punto de fusión:  $-21^{\circ}C$

Punto de ebullición:  $212^{\circ}C$

Densidad de vapor: 0.3 mm Hg a  $77^{\circ}C$

Insoluble en agua

Soluble en alcohol y éter

## Transporte y destino

No hay información disponible al respecto.

## Efectos sobre la salud

El contacto directo puede irritar y quemar la piel y los ojos. La exposición a altas concentraciones daña los riñones y también el hígado. El hexaclorobutadieno puede tener potencial para causar daño en la reproducción humana y el desarrollo fetal, las mujeres expuestas al compuesto deben tener cuidado al manipular dicha sustancia. Puede ser un carcinógeno en los humanos, se informó que causa cáncer en los riñones de animales.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

No hay información disponible al respecto.

## Reglamentación y normas

Norma ACGIH: Límite de exposición recomendada; 0.02 ppm promedio en 8 horas de trabajo. No se pueden establecer concentraciones de exposición a un carcinógeno.

### **Medidas de protección**

Los trabajadores que pudieran contaminar sus ropas con hexaclorobutadieno deben cambiarse rápidamente. No llevar ropa contaminada a casa porque los miembros de la familia podrían ser expuestos.

La ropa contaminada se debe lavar por individuos que tengan información de la exposición al compuesto. Es importante que los trabajadores que manipulan el hexaclorobutadieno no coman, fumen o beban en el lugar de trabajo, se deben lavar las manos perfectamente antes de comer o fumar. Al manipular el hexaclorobutadieno se recomienda usar protector de ojos y guantes resistentes a los solventes, así como equipo de respiración autónoma. Si por accidente cae hexaclorobutadieno a la piel o a los ojos lavar con agua en abundancia y vigorosamente hasta eliminarlo.

### **Exposición ocupacional**

No hay información disponible al respecto.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

No hay información disponible al respecto.

## HEXACLOROCICLOHEXANO

### Resumen

El hexaclorociclohexano (HCH) tiene cuatro isómeros, alfa, beta, gamma y delta de los cuales el isómero gamma (lindano) es comúnmente el más activo. El HCH es bastante persistente en el ambiente. Tres de estos isómeros causaron tumores en el hígado de ratones cuando se administran separadamente. La exposición al lindano disminuye el número de cachorros vivos en perras preñadas. El lindano es bastante tóxico para la vida acuática.

### Información adicional

La siguiente información puede aplicarse a todos los isómeros del HCH a menos que se especifique alguno de ellos.

Fórmula química:  $C_6H_6Cl_6$

Nombre IUPAC: 1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano

Sinónimos y nombres comerciales: hexacloruro de benceno, HCH, lindano (gamma HCH).

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 290.82 g/g mol

Punto de fusión: alfa-HCH: 158°C

beta-HCH: 310°C

gamma-HCH: 112°C

delta-HCH: 138°C

HCH grado técnico: 65°C

Solubilidad en agua: alfa-HCH: 10 mg/litro

beta-HCH: 5 mg/litro

gamma-HCH: 10 mg/litro

delta-HCH: 10 mg/litro

HCH grado técnico: 10-32 mg/litro

Coefficiente de partición Log octanol/agua: 3.8

Presión de vapor: alfa-HCH:  $2.5 \times 10^{-5}$  mm Hg a 20°C

beta-HCH:  $2.8 \times 10^{-7}$  mm Hg a 20°C

gamma-HCH:  $2.0 \times 10^{-4}$  mm Hg a 20°C

delta-HCH:  $1.7 \times 10^{-5}$  mm Hg a 20°C

## Transporte y destino

En general, el transporte y destino de los isómeros de hexaclorociclohexano son similares y se consideran como un grupo para su discusión. Los principales procesos de transporte y destino para el hexaclorociclohexano en sistemas acuáticos son adsorción en partículas orgánicas, el transporte en sedimentos anaerobios y la biodegradación por organismos anaerobios. La volatilización puede ser en algunos casos importante en ambientes acuáticos y es probablemente el principal proceso de transporte en suelos. Es importante señalar, que la biodegradación del hexaclorociclohexano se produce de manera similar al pentaclorociclohexano, a tetraclorobenceno y al triclorofenol, y la destoxificación no se lleva a cabo completamente. Se ha demostrado que el lindano es bastante persistente cuando se aplica al suelo, más del 10% de una muestra aplicada permanece después de 10 años.

## Efectos sobre la salud

Los isómeros alfa, beta y gamma del hexaclorociclohexano se ha comprobado que causan tumores en el hígado de ratones pero no en otras especies de prueba. No se ha comprobado completamente que el HCH pueda ser mutagénico. No se ha comprobado que los isómeros alfa, beta y delta, sean teratogénicos o con un potencial toxicológico reproductivo. El lindano no es teratogénico, pero dos estudios han demostrado la reducción en el número de crías vivas (Earl et al. 1973). El alfa-HCH causa lesiones en el hígado de animales de prueba a dosis bajas, éstas inducen tumores. El lindano se relaciona con el desarrollo de anemia aplásica en humanos (West 1967).

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

El lindano (gamma-HCH) es responsable de la eficiencia del hexaclorociclohexano, como un insecticida y es generalmente más tóxico que los otros isómeros o el HCH grado técnico. En realidad la presencia de los otros isómeros de HCH decrecen la toxicidad del lindano en organismos acuáticos, por sus efectos antagónicos o por la baja solubilidad de los compuestos químicos. Sin embargo, la toxicidad del lindano y HCH son diferentes.

El lindano es un tóxico peligroso en peces de agua dulce con un intervalo de  $LC_{50}$  de 2  $\mu\text{g/litro}$  a 141  $\mu\text{g/litro}$ ; y en peces marinos los niveles se encuentran entre 7.3  $\mu\text{g/litro}$  a 104  $\mu\text{g/litro}$ . El lindano tiene efectos tóxicos para el camarón rosa a 0.17  $\mu\text{g/litro}$ . Los efectos crónicos agudos para el lindano se encuentran en el intervalo de 7.5 a 63, pero el valor crónico final para la protección de especies de agua dulce se determinó como 0.08  $\mu\text{g/litro}$ . Los organismos acuáticos presentan bioacumulación entre 100 y 500 veces más que la concentración del lindano que se encuentra en el agua.

El hexaclorociclohexano grado técnico es mucho menos tóxico que el lindano, con una toxicidad aguda que está en el intervalo de 100  $\mu\text{g/litro}$  a 15 000  $\mu\text{g/litro}$  para peces de agua dulce. Los datos para especies de agua salada también indican que este compuesto de grado técnico fue menos tóxico. No hay información disponible para la toxicidad crónica del HCH, así como no se ha determinado el factor de bioacumulación, pero probablemente es similar al del lindano.

No se han encontrado en la literatura estudios sobre la toxicidad de los isómeros del HCH para animales terrestres o domésticos. Sin embargo, en los ratones campestres del Canal del Amor ha disminuido su tiempo de vida media y su capacidad reproductiva, cuando se han encontrado niveles altos de lindano en sus hígados (Rowley et al. 1983).

### **Reglamentación y normas**

Criterios de calidad del ambiente acuático (USEPA):

Vida acuática

Hexaclorociclohexano mezcla

Los datos no son adecuados para establecer criterios para el hexaclorociclohexano mezcla. Sin embargo, La EPA informa de valores bajos conocidos en organismos acuáticos.

Agua dulce:

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

Toxicidad crónica: no hay dato disponible

Agua salada:

Toxicidad crítica: 0.34  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: no hay dato disponible

Lindano (gamma-HCH)

Agua dulce:

Toxicidad crítica: 2.0  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 0.08  $\mu\text{g/litro}$

Agua salada:

Toxicidad crítica: 0.16  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: No hay datos disponibles

Salud Humana

Los valores estimados para el riesgo carcinogénico asociado con el tiempo de exposición para varias concentraciones de los isómeros del HCH en agua son:

	Alfa HCH	Beta HCH	Gamma HCH	HCH grado técnico
Riesgo	Concentración	Concentración	Concentración	Concentración
10 <sup>-5</sup>	92 ng/litro	163 ng/litro	186 ng/litro	123 ng/litro
10 <sup>-6</sup>	9.2 ng/litro	16.3 ng/litro	18.6 ng/litro	12.3 ng/litro
10 <sup>-7</sup>	0.9 ng/litro	1.63 ng/litro	1.86 ng/litro	1.23 ng/litro

Reglamentación interina primaria para agua potable: Gamma-HCH: 0.004 mg/litro.

Unidades de riesgo CAG (USEPA): Alfa-HCH: 11.1 (mg/kg/día)<sup>-1</sup>  
 Beta-HCH: 1.84 (mg/kg/día)<sup>-1</sup>  
 Gamma-HCH: 1.33 (mg/kg/día)<sup>-1</sup>  
 HCH-grado técnico: 4.75 (mg/kg/día)<sup>-1</sup>

Norma OSHA (aire): gamma-HCH: 500 µg/m<sup>3</sup> TWA

### Medidas de protección personal

Es aconsejable el uso de ropa que proteja todo el cuerpo. En caso de contacto se sugiere lavado de ojos con agua, lavado con agua y jabón de las partes contaminadas del cuerpo y lavado gástrico, si se ha ingerido.

### Exposición ocupacional

Los trabajadores más expuestos a este compuesto son los que laboran en fábricas de insecticidas, así como también los fumigadores.

### Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

Fabricantes de insecticidas  
 Fumigadores

# HEXAOROETANO

## Resumen

El hexaoroetano produce tumores en el hígado de los ratones cuando se les suministra mediante un régimen de administración forzada. Causa efectos adversos sobre el sistema nervioso central y alteraciones hepáticas; y en los animales estudiados, ocasiona daños renales cuando las dosis son altas.

Fórmula química:  $C_2Cl_6$

Nombre IUPAC: Hexaoroetano

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Hexaoro de etileno, hexaoroetileno, hexaoro de carbono

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 237 g/g mol

Punto de ebullición: 187°C (sublima)

Punto de fusión: 187°C (sublima)

Gravedad específica: 2.09

Solubilidad en el agua: 50 mg/litro

Solubilidad en orgánicos: Soluble en alcohol, benceno, cloroformo y éter

Coefficiente de partición Log octanol/ Agua: 3.34

Presión de vapor: 0.4 mm de Hg a 20°C

## Transporte y destino

El hexaoroetano es relativamente persistente en el ambiente. La volatilización, puede ser un proceso de transporte importante pero es probable que ocurra lentamente en aguas naturales. El alto coeficiente de partición log octanol/agua del hexaoroetano sugiere que se adsorbe en los compuestos orgánicos en el suelo y sedimentos y que puede ser bioacumulado. Es muy improbable que la biodegradación sea un proceso de destino importante.

## Efectos sobre la salud

Existe una evidencia limitada de que el hexaoroetano sea carcinogénico en animales experimentales. En un estudio del Instituto del Cáncer de Estados Unidos, el hexaoroetano administrado por alimentación forzada produjo tumores malignos de hígado en ratones machos y ratones hembras. No causó un incremento estadísticamente importante de tumores en ratas Osborne-Mendel, pero algunos tumores renales extraños se desarrollaron. No se han presentado pruebas por la mutagenicidad del hexaoroetano. Se observaron crías de tamaño reducido después de una administración oral de 5 500 mg/kg en ratas gestantes.

El efecto principal del hexacloroetano se presenta en el sistema nervioso central. Dosis orales de 1-1.4 g/kg causan debilidad. Produce vértigos y tirones en los músculos en perros. Se informaron de alteraciones hepáticas y daños renales al realizar varios experimentos. El valor oral LD<sub>50</sub> para ratas fue de 4 460 mg/kg. El valor dermal LD<sub>50</sub> para conejos fue mayor de 32 000 mg/kg.

### Toxicidad en animales domésticos y silvestres

El hexacloroetano se deposita en los animales obesos, y se esperaría algo de bioacumulación en los animales mayores de la cadena alimenticia.

El valor de LC<sub>50</sub> de 48 horas para *Daphnia magna* es de 8 070 µg/litro y para la larva enana, *Tanytarsus dissimilis*, es de 1 700 µg/litro. El valor estático de LC<sub>50</sub> de 96 horas es 980 µg/litro para el pez de branquia azul y la trucha arcoiris, y es de 2400 µg/litro para el pez sargo. En pruebas embrio-larvales del pez lerdo, el valor de toxicidad crónica que se refirió fue de 540 µg/litro.

### Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

Vida acuática:

Los resultados disponibles no son los adecuados para establecer un criterio.

Salud humana:

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

Criterio

Riesgo	Concentración
10 <sup>-5</sup>	19 µg/litro
10 <sup>-6</sup>	1.9 µg/litro
10 <sup>-7</sup>	0.19 µg/litro

Unidad de riesgo CAG (USEPA): 1.4x10<sup>-2</sup> (mg/kg/día)<sup>-1</sup>

Norma OSHA (epidermis): 10 mg/m<sup>3</sup> TWA

Valor del límite umbral ACGIH: 100 mg/m<sup>3</sup> TWA

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 3.0 mg/l

**Medidas de protección**

Generales: Aislar el área de peligro, mantenerse contra el viento, mantener a las personas innecesarias alejadas.

Ropa de protección: Utilizar equipo de respiración autónoma y ropa de protección.

**Exposición Ocupacional**

No hay información disponible al respecto.

**Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

No hay información disponible al respecto.

# ISOBUTANOL

## Resumen

Un estudio muestra que las ratas inyectadas por vía subcutánea con alcohol isobutílico desarrollaron tumores renales y gastrointestinales. A altas concentraciones inhibe al sistema nervioso central e irrita la piel, ojos y garganta en animales y humanos. También se ha reportado que en ratones expuestos a altas concentraciones de este compuesto se presentan alteraciones leves en el hígado y los riñones.

Fórmula química:  $\text{CH}_3\text{CHCH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Nombre IUPAC: 2-Metil propanol

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Isobutanol

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 74 g/g mol

Punto de ebullición: 108°C

Punto de fusión: -108°C

Gravedad específica: 0.805 a 20°C

Solubilidad en agua: 95000 mg/litro a 18°C

Solubilidad en sustancias orgánicas: Soluble en alcohol y éter

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 1.0 (calculada)

## Transporte y destino

En las fuentes revisadas no se encontró información sobre el transporte y destino del alcohol isobutílico. Sin embargo, los procesos de transporte y destino se pueden determinar basándose en las reacciones generales de los alcoholes y en las propiedades físicas y químicas de este compuesto.

Los alcoholes son altamente solubles en agua, por lo tanto no son muy volátiles, aunque se puede presentar poca evaporación. El proceso de oxidación es probablemente un destino importante tanto para aguas superficiales como para la atmósfera. En el suelo el alcohol isobutílico puede ser biodegradado por microorganismos del suelo.

## Efectos sobre la salud

Aunque la evidencia muestra que el alcohol isobutílico es un agente tumorigénico, cuando se administra a ratas por vía oral resulta equívoca; este compuesto es carcinogénico cuando se inyecta por vía subcutánea produciendo tumores en el hígado y gastrointestinales. Se ha dictaminado que el alcohol isobutílico causa mutaciones de tipo A en *Escherichia coli* y efectos citogénicos en *Saccharomyces cerevisiae*. No se han detectado efectos reproductivos o teratogénicos.

El alcohol isobutílico a altas concentraciones destruye el sistema nervioso central en animales y hombres. Otros síntomas de una exposición excesiva es la irritación de los ojos y garganta, formación de vacuolas en la capa superficial de la córnea, y pérdida del apetito. Una aplicación directa de alcohol isobutílico irrita la piel, causa eritema e hiperemia. Una dosis de 19 370 mg/m<sup>3</sup> inhalada por 136 horas tiene efectos narcóticos en ratones y causa alteraciones leves en hígado y riñones. El valor oral de LD<sub>50</sub> para ratas es de 2.46 g/kg, mientras que el LD<sub>50</sub> dérmico para conejos es 4.24 g/kg.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Hay poca información disponible para los efectos del alcohol isobutílico en el medio ambiente. La inhibición de la división de las células ocurre a 280 mg/litro para las bacterias *Pseudomonas patida* y a 290 mg/litro para el alga *Microcystis aeruginosa*.

### **Reglamentación y normas**

Normas OSHA (aire): 300 mg/m<sup>3</sup> TWA

Valores del límite umbral ACGIH: 150 mg/m<sup>3</sup> TWA  
225 mg/m<sup>3</sup> STEL

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 36 mg/l

### **Medidas de protección personal**

En caso de que en el área de trabajo no existan los métodos de control de ingeniería como es la ventilación mecánica, se requiere entonces usar equipo de protección personal, incluyendo máscaras de respiración autónoma, purificadores de aire, máscaras con filtros de vapores orgánicos. Usar lentes de protección y máscaras de seguridad, guantes, botas y ropa de protección y/o ropa de protección resistente.

Se debe contar con lugares en los que se puedan lavar fácilmente los ojos así como también regaderas en las áreas de trabajo.

Generales: Aislar el área de peligro, mantenerse contra el viento, mantener a las personas innecesarias alejadas, mantenerse a distancia de las áreas bajas.

### **Exposición Ocupacional**

Se utiliza como solvente en pinturas y lacas, como removedor de pinturas, intermediario para algunas resinas, se emplea en las determinaciones fluorométricas y en la cromatografía líquida, se usa en la síntesis de concentrados de saborizantes de frutas.

# MERCURIO

## Resumen

Ambas formas del mercurio, la orgánica y la inorgánica, son referidas como teratogénicas y embriotóxicas en animales experimentales. En humanos, la exposición prenatal al metilmercurio ha sido asociado con daño cerebral. Otros órganos expuestos para los compuestos orgánicos del mercurio en los humanos son el sistema nervioso central y periférico y el riñón. En los animales los efectos tóxicos también ocurren en el hígado, corazón, gónadas, páncreas y tracto gastrointestinal. El mercurio inorgánico es generalmente un tóxico menos agudo que los compuestos orgánicos del mercurio, pero afecta al sistema nervioso central adversamente.

## Información adicional

Varias formas del mercurio, incluyendo el mercurio insoluble elemental, especies inorgánicas, y especies orgánicas, pueden existir en el medio ambiente. En general las sales mercuricas (+1) son mucho menos solubles que la forma más comúnmente encontrada, las sales mercuricas (+2). El mercurio también forma muchos complejos orgánicos estables que son generalmente mucho más solubles en líquidos orgánicos que en agua. La naturaleza y solubilidad de las especies químicas que están presentes en el sistema ambiental dependen de su potencial redox y del pH del medio ambiente.

Fórmula química: Hg

Nombre IUPAC: Mercurio

## Propiedades físicas y químicas

Peso atómico: 200.59 g/g mol

Punto de ebullición: 356.58°C

Punto de fusión: -38.87°C

Gravedad específica: 13.5939 a 20°C

Solubilidad en agua: 81.3 µg/litro a 30°C; algunas sales y compuestos orgánicos son solubles.

Solubilidad en orgánicos: Depende de la especie química.

Presión de vapor: 0.0012 mm de Hg a 20°C

## Transporte y destino

El mercurio y algunos de sus compuestos, incluyendo varias especies inorgánicas y el dimetilmercurio, pueden volatilizarse a la atmósfera de fuentes acuáticas y terrestres. La volatilización se reduce por conversión de mercurio metálico a especies complejas y por la deposición de HgS en sedimentos reductores, pero aún así el transporte atmosférico es la mejor vía de distribución ambiental para el mercurio. La precipitación es el mecanismo primario para la remoción del mercurio de la atmósfera. La fotólisis es importante en la

interrupción del transporte aéreo de mercurio y puede ser importante en algunos sistemas acuáticos. La adsorción en los lechos suspendidos y en lechos sedimentados es probablemente el proceso más importante para determinar el destino del mercurio en el ambiente acuático. La sorción es más fuerte en los materiales orgánicos. El mercurio en suelos se presenta generalmente como compuestos orgánicos complejos.

Virtualmente cualquier compuesto del mercurio puede removerse en sistemas acuáticos por conversión microbiana a las formas metil y dimetil. Las condiciones referidas para mejorar la biometilación incluyen grandes cantidades de mercurio disponible, un gran número de bacterias, la ausencia de agentes complejantes fuertes, un pH casi neutro, altas temperaturas, y ambientes moderadamente aerobios. El mercurio bioacumula fácilmente por numerosos mecanismos. El metilmercurio es la forma más rápidamente acumulable y retenida del mercurio en la biota acuática, y algunas veces se introduce en sistemas biológicos en donde es muy difícil de eliminar.

### **Efectos sobre la salud**

Cuando se administra mercurio metálico por inyección intraperitoneal produce la implantación de sarcomas en ratas. En ningún estudio se encontraron conexiones con la exposición de mercurio y efectos carcinogénicos en animales o humanos. Varios compuestos de mercurio muestran una variedad de efectos genotóxicos en eucariotes. En general, los compuestos orgánicos de mercurio son más tóxicos que los compuestos inorgánicos. Sin embargo, el daño cerebral debido a la exposición prenatal al metilmercurio ha ocurrido en poblaciones humanas. Ninguna evidencia concluyente está disponible para sugerir que el mercurio causa defectos anatómicos en humanos. La embriotoxicidad y la teratogenicidad del metilmercurio han sido estudiadas para una variedad de animales experimentales. El cloruro mercúrico es referido como teratogénico en animales experimentales. No hay resultados concernientes a los efectos teratogénicos del vapor de mercurio.

En humanos, los compuestos de alquimercurio pasan a través de la sangre de la barrera sanguínea cerebral y la placenta muy rápidamente, en contraste a los compuestos inorgánicos del mercurio. Los órganos más susceptibles son el sistema nervioso central y periférico y el riñón. El metilmercurio es particularmente peligroso porque es difícil que se elimine del cuerpo. En animales experimentales, los compuestos orgánicos del mercurio pueden producir efectos tóxicos en el tracto gastrointestinal, páncreas, hígado, corazón y gónadas, involucrando los sistemas endócrino, inmunológico y el sistema nervioso central.

El mercurio elemental no es muy tóxico como un veneno agudo. Sin embargo, la inhalación de altas concentraciones de vapor de mercurio pueden causar pneumonitis, bronquitis, dolores de tórax, disnea, tos, estomatitis, gingivitis, salivación y diarrea. Se producen además dolores musculares, trastornos visuales y auditivos, confusión mental y parestesias. Las sales mercúricas solubles son altamente venenosas en ingestión, con valores orales determinados para una LD<sub>50</sub> de 20 a 60 mg/kg. Los compuestos mercuriosos son menos tóxicos cuando se administran oralmente. Una exposición aguda a los compuestos del mercurio a altas concentraciones causa una variedad de síntomas gastrointestinales y severa anuria con uremia. Signos y síntomas asociados con una exposición crónica envuelven al sistema nervioso central e incluyen disturbios neurológicos y de conducta.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

La toxicidad en los compuestos del mercurio ha sido probada en una gran variedad de organismos acuáticos. Aunque el metilmercurio parece ser una de las sales inorgánicas del mercurio más tóxicas, pocas pruebas de toxicidad crónica o crítica lo han demostrado. Entre las especies de agua dulce, los valores de  $LC_{50}$  a 96 horas para sales de mercurio inorgánicas están en un intervalo de  $0.02 \mu\text{g/litro}$  para cangrejos a  $2000 \mu\text{g/litro}$  para larvas de frigateo. Los valores críticos para los compuestos de metilmercurio y otros compuestos de mercurio solamente están disponibles para peces. En truchas arcoiris, el cloruro metilmercurio es cerca de 10 veces más tóxico que el cloruro de mercurio; el cual es críticamente tóxico en cerca de  $300 \mu\text{g/litro}$  a  $10^\circ\text{C}$ . El metilmercurio es el tóxico más crónico de los compuestos probados, con valores crónicos para *Daphnia magna* y trucha de río de  $1.00$  y  $0.52 \mu\text{g/litro}$ , respectivamente. La relación crónica-aguda para *Daphnia magna* es de 3.2.

Los valores agudos medios para especies de agua salada están en el intervalo de 3.5 a  $1680 \mu\text{g/litro}$ . En general, los moluscos y crustáceos son más sensibles que los peces a los efectos tóxicos críticos del mercurio. Un experimento de ciclo de vida con camarones mostró que el mercurio inorgánico a una concentración de  $1.6 \mu\text{g/litro}$  influía significativamente a la aparición de su primer cría, el tiempo de su primera gestación y su productividad. La relación crónica-aguda para los camarones es de 2.9.

Una exposición crónica dietética en pollos al cloruro de mercurio en niveles inhibitorios del crecimiento, suprimen la inmunidad con un efecto de reducción diferencial sobre la inmunoglobulina específica.

## Reglamentación y normas

### Criterios en calidad del agua (USEPA):

#### Vida acuática (Criterios propuestos)

##### Agua dulce:

Toxicidad crítica:  $1.1 \mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica:  $0.20 \mu\text{g/litro}$

##### Agua salada:

Toxicidad crítica:  $1.9 \mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica:  $0.10 \mu\text{g/litro}$

##### Salud humana:

Criterio:  $144 \text{ ng/litro}$

Norma recomendada por NIOSH:  $0.05 \text{ mg/m}^3 \text{ TWA}$  (Mercurio inorgánico)

Norma OSHA:  $0.1 \text{ mg/m}^3$  nivel máximo

Valor del límite umbral ACGIH:

- 0.01 mg/m<sup>3</sup> TWA (Compuestos alquílicos)
- 0.03 mg/m<sup>3</sup> STEL (Compuestos alquílicos)
- 0.05 mg/m<sup>3</sup> TWA (Vapor)
- 0.1 mg/m<sup>3</sup> TWA (Compuestos inorgánicos y arílicos)

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.2 mg/l

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable: 0.001 mg/l

### **Medidas de protección personal**

En áreas donde la exposición es excesiva debe proveerse protección respiratoria, ya sea con máscara con filtro y recubrimiento facial completo, o con respirador de línea de aire, según la concentración de los humos de mercurio. Por encima de 50 mg de Hg/m<sup>3</sup> de aire se requiere el uso de respiradores con línea de aire con presión positiva y con recubrimiento facial completo. Debe proporcionarse ropa de trabajo que cubra todo el cuerpo, así como calzado y protección de calzado y cascos, además de ropa limpia de trabajo todos los días. Deben existir instalaciones sanitarias y todos los trabajadores deben bañarse antes de vestir ropa de calle. La ropa de trabajo no puede guardarse en el mismo lugar que la ropa de calle. No deben ingerirse alimentos en las áreas de trabajo.

### **Exposición ocupacional**

El elemento y los compuestos inorgánicos del mercurio se usan en la manufactura de instrumentos científicos (barómetros, termómetros, etc.), equipos eléctricos (medidores, interruptores, baterías, rectificadores, etc.), lámparas de vapor de mercurio, lámparas eléctricas incandescentes, tubos de rayos X, seda artificial, válvulas de radio, amalgamas con cobre, estaño, plata y oro y soldaduras con plomo y estaño. La industria química utiliza el mercurio como un fluido catódico para la producción electrolítica de sosa cáustica (hidróxido de sodio), cloro y ácido acético. Se usa también en el enchapado con oro, plata, bronce y estaño; en la curtiduría y la industria de la tinción; en la manufactura de fieltro; en taxidermia; en la manufactura textil; en la fotografía y en fotograbado en oro y plata y sus minerales; en pinturas y pigmentos; en la preparación de fármacos y desinfectantes; en la industria farmacéutica y como reactivo químico.

Los compuestos arilos de mercurio como el fenil mercurio se usan sobre todo como desinfectantes, fungicidas para el tratamiento de malezas, antisépticos, herbicidas, preservadores, agentes contra el tizón, desnaturalizantes del alcohol etílico, germicidas y bactericidas.

La exposición peligrosa puede presentarse durante la extracción del mercurio y en la utilización de sus compuestos. El mercurio elemental se volatiliza fácilmente a la temperatura ambiente.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Extractores de oro  
Fabricantes de amalgamas  
Fabricantes de amalgamas dentales  
Fabricantes de bactericidas  
Fabricantes de baterías  
Fabricantes de fungicidas  
Fabricantes de papel  
Fabricantes de sosa cáustica  
Fotógrafos  
Joyereros  
Taxidermistas

# METOXICLORO

## Resumen

El metoxicloro se utiliza como insecticida. La exposición por inhalación o ingestión causa dolor de cabeza, vértigos, náuseas; La exposición prolongada puede dañar los riñones. Puede ser mutagénico y carcinogénico. Los vapores de cloro son altamente tóxicos.

Fórmula química:  $C_{16}H_{15}Cl_3O_2$

Nombre IUPAC: 1,1,1-Tricloro-2,2-Bis; (p-Metoxifenil) etano

Sinónimos: DMDT, Dimetoxi-DDT, 1,1-(2,2-tricloroetilideno) bis(4-metoxibenceno), p,p -Dimetoxidifenil Tricloroetano, p,p -"Metoxicloro".

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 345.52 g/g mol

Es un compuesto que se presenta en cristales blancos.

Se descompone abajo del punto de ebullición.

Punto de fusión: 89°C

Densidad de vapor: 12

Insoluble en agua

Soluble en alcohol

## Transporte y destino

No hay información disponible al respecto.

## Efectos sobre la salud

El metoxicloro se puede absorber mediante inhalación, ingestión o por vía dérmica. Es un estimulante del sistema nervioso central. Los signos y síntomas que se presentan al absorberlo son dolores de cabeza, alergias, vértigos, náuseas y vómitos, letargo, convulsiones y puede llegar a presentarse coma. La exposición prolongada puede causar daño al hígado; los vapores emitidos por la descomposición del compuesto son altamente tóxicos. En animales de experimentación se ha observado que es un inequívoco agente carcinogénico, mutagénico y puede originar tumoraciones.

Las pruebas de diagnóstico que se deben hacer para determinar la presencia del Metoxicloro son: análisis de tejidos, biopsia del tejido graso para las determinaciones de metoxicloro en las supuestas intoxicaciones crónicas.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

No hay información disponible al respecto.

### **Reglamentación y normas**

Concentración máxima permisible: 15 mg/ m<sup>3</sup> en aire. (Norma OSHA)

Norma ACGIH: 10 mg/m<sup>3</sup>

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 10 mg/l

### **Medidas de protección personal**

Generales: Aislar el área de peligro, mantenerse contra el viento, mantener a las personas innecesarias alejadas, mantenerse alejado de las áreas bajas.

Ropa de protección: Utilizar mascarilla de respiración autónoma y ropa de protección especial.

Medidas preventivas: Una ventilación adecuada, gafas protectoras, mascarilla con filtro mecánico, batas protectoras, guantes y delantales de neopreno.

### **Exposición Ocupacional**

No hay información disponible al respecto.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

No hay información disponible al respecto.

# NIQUEL

## Resumen

En un cierto número de estudios epidemiológicos, la exposición ocupacional a los compuestos de níquel se ha asociado a un exceso de cáncer en el pulmón y en la cavidad nasal. Adicionalmente, la exposición por inhalación a sulfuro y carbonilo de níquel ha demostrado que causa cáncer en ratas, mientras que los estudios realizados con otros compuestos de níquel administrados a animales por rutas diferentes, han informado también efectos carcinogénicos. Varios compuestos de níquel son mutagénicos y pueden causar transformación celular. En humanos, el níquel y los compuestos de níquel pueden causar una sensibilización a la dermatitis. La toxicidad crónica del níquel para organismos acuáticos es alta.

## Información adicional

Las valencias que tiene comúnmente el níquel son: 0, +1, +2, y +3, raramente se encuentra con +4. Aunque el níquel está rara vez en la naturaleza y no es soluble en agua muchos de sus compuestos son altamente solubles en ella. El níquel se presenta casi siempre en su estado de oxidación divalente en sistemas acuáticos.

Fórmula química: Ni

Nombre IUPAC: Níquel

## Propiedades físicas y químicas

Peso atómico: 58.71 g/g mol

Punto de ebullición: 2 732°C

Punto de fusión: 1 453°C

Gravedad específica: 8.902 a 25°C

Solubilidad en agua: Insoluble; algunas sales son solubles.

Solubilidad en orgánicos: Depende de las propiedades de la sal de níquel específica.

Presión de vapor: 1 mm de Hg a 1 818°C

## Transporte y destino

El níquel es un metal altamente móvil en sistemas acuáticos debido a que muchos compuestos de níquel son muy solubles en agua. Sin embargo, los sulfuros insolubles se forman bajo condiciones reductoras y en la presencia de azufre. A pH superiores a 9 la precipitación del hidróxido o carbonato muestra algún control sobre la movilidad del níquel. En medios aerobios con pH inferiores a 9, los compuestos solubles se forman con hidróxidos, carbonatos, sulfatos y ligandos orgánicos.

En la naturaleza y en aguas no contaminadas los procesos de sorción y coprecipitación involucran óxidos de hierro y manganeso hidratados, que probablemente son moderadamente efectivos al menos limitando la movilidad del níquel. En la mayoría de las aguas contaminadas ricas en orgánicos aparece una poca absorción del níquel. La falta de otros controles sobre la movilidad del níquel probablemente influye en la incorporación del níquel dentro de los sedimentos siendo un importante destino de este elemento en las aguas superficiales. Sin embargo, gran parte del níquel que entra al medio acuático se transportará hacia los océanos.

En general, el níquel no se acumula en cantidades significativas en los organismos acuáticos. Generalmente los factores de bioconcentración son del orden de 100 a 1000. Las plantas también toman el níquel del suelo. La fotólisis, la volatilización y la biotransformación no son procesos de destino ambiental importantes para el níquel. Sin embargo, puede ocurrir el transporte atmosférico del níquel y de sus compuestos a través de partículas.

### **Efectos sobre la salud**

Hay una evidencia epidemiológica extensa que indica un exceso de cáncer del pulmón y de la cavidad nasal para los trabajadores de refineras y fundidoras, y debilidad evidente por exceso de riesgo en trabajadores que intervienen en las operaciones de pulido y electroplatinado de níquel. El cáncer en el tracto respiratorio ocurre en trabajadores de la industria metalúrgica. Los compuestos de níquel que se han encontrado como cancerígenos potenciales son polvos de sulfuros y óxidos de níquel, el vapor del carbonilo de níquel y los aerosoles de sulfato de níquel, nitrato, o cloruro de níquel. Los estudios de inhalación con animales experimentales sugieren que el sulfuro y el carbonilo de níquel son carcinogénicos en ratas. Las evidencias para la carcinogenicidad del metal níquel y otros compuestos es relativamente insegura o inconcluyente. Los estudios con animales experimentales indican que los compuestos de níquel también pueden producir varios tipos de tumores malignos en animales experimentales después de su administración por otras vías, incluyendo subcutáneas, intramuscular, implantación, intravenosa, intrarrenal e intrapleural. La carcinogénesis potencial no depende directamente de la vía o sitio de administración pero parece estar relacionada inversamente a la solubilidad en los compuestos en medio acuoso. Los compuestos insolubles tales como polvos, sulfuros, carbonatos, óxidos, carbonilos de níquel y niqueloceno son cancerígenos, por otro lado las sales de níquel como el cloruro, los sulfatos y el sulfato de níquel amoniacal no lo son.

Datos sobre la transformación de células mamarias indican que varios compuestos de níquel son mutagénicos y pueden causar alteraciones en los cromosomas. La información disponible no es adecuada para evaluar los efectos teratogénicos y de reproducción del níquel en humanos y en animales experimentales.

La dermatitis y otros efectos dermatológicos son los más frecuentes debido a la exposición de los compuestos que contienen níquel o al elemento mismo. La dermatitis es una reacción de sensibilización. La mayoría de la información recopilada sobre la toxicidad crítica del níquel indica exposición por inhalación al carbonilo de níquel. Las manifestaciones clínicas de envenenamiento crítico incluyen síntomas inmediatos y posteriores, entre los cuales se destacan tos, vértigos, cefalea, falta de aire, fiebre, pulso rápido, náuseas y vómitos.

La pneumonitis química crítica se produce a 30 ppm (107 mg/m<sup>3</sup>) por 30 min y puede ocurrir la muerte. La rinitis, sinusitis nasal y la perturbación en la mucosa nasal son efectos que se presentaron en los trabajadores expuestos crónicamente a varios compuestos de níquel. Los estudios con animales experimentales sugieren que los compuestos de níquel y el níquel tienen toxicidad oral crónica y aguda, relativamente baja.

### Toxicidad en animales domésticos y silvestres

La toxicidad del níquel depende de la dureza del agua. Los valores críticos por exposición a una variedad de sales de níquel expresados como níquel, varían de 510 µg/litro para *Daphnia magna* a 46 200 µg/litro para peces en niveles comparables de dureza. Los valores crónicos varían de 14.8 µg/litro para *Daphnia magna* en aguas blandas a 530 µg/litro para el pez lerdo en agua dura. Las relaciones crítica-crónica para *Daphnia magna* varían de 14 en agua dura a 83 en agua blanda y son de aproximadamente 50 para el pez lerdo para ambas aguas. Los datos de residuo para el pez lerdo indican un factor de bioconcentración de 61. Experiencias con algas de agua dulce indican que se reduce su crecimiento a concentraciones de níquel tan bajas como de 100 µg/litro. Los valores críticos para especies de agua salada están en el intervalo de 152 µg/litro para camarón a 350 000 µg/litro para los mummichog. Un valor crónico de 92.7 µg/litro se da para el camarón, el cual da una relación crítica-crónica de 5.5 para las especies. Se ha visto un crecimiento reducido en algas de agua salada a concentraciones tan bajas como de 1 000 µg/litro. Los factores de bioconcentración están en el intervalo de 299 a 416 y han sido reportados para los ostiones y las almejas.

### Reglamentación y normas

Criterios de calidad del ambiente acuático (USEPA):

#### Vida acuática

Agua dulce:

Toxicidad crítica:  $\text{Exp}\{0.76 [\text{Ln}(\text{dureza})] + 4.02\}$  µg/litro

Toxicidad crónica:  $\text{Exp}\{0.76 [\text{Ln}(\text{dureza})] + 1.06\}$  µg/litro

Agua salada:

Toxicidad crítica: 140 µg/litro

Toxicidad crónica: 7.1 µg/litro

#### Salud humana

Criterio: 13.4 µg/litro

Unidades de riesgo CAG (USEPA): 1.15 (mg/kg/día)<sup>-1</sup>

Norma recomendada por NIOSH: 15 µg/m<sup>3</sup> TWA (níquel inorgánico)

Norma OSHA: 1 mg/m<sup>3</sup> (metal y compuestos solubles, como níquel)

Valores del límite umbral ACGIH:

0.1 mg/m<sup>3</sup> TWA (compuestos solubles como níquel)

0.3 mg/m<sup>3</sup> STEL (compuestos solubles como níquel)

0.35 mg/m<sup>3</sup> TWA (carbonilo de níquel, como níquel)

1.0 mg/m<sup>3</sup> TWA (sulfuro de níquel calcinado, humo y polvo, como níquel; carcinogénicos humanos)

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 5 mg/l

### **Medidas de protección personal**

Es aconsejable el uso de ropa que proteja todo el cuerpo, al igual que cremas protectoras para prevenir sensibilización de la piel y dermatitis. En áreas donde hay polvo o humos, el uso de máscaras o respiradores de línea de aire es aconsejable siempre que las concentraciones excedan los límites. Debe proporcionarse ropa de trabajo limpia diariamente y los trabajadores deberán ducharse antes de vestir ropa de calle. No deben ingerirse alimentos en las áreas de trabajo.

### **Exposición ocupacional**

El níquel forma aleaciones con cobre, manganeso, cromo, zinc, hierro, molibdeno, etc. El acero inoxidable es la aleación que se usa más ampliamente. Una importante aleación del níquel con cobre es el metal Monel, que contiene un 66% de níquel y 32% de cobre y tiene excelentes propiedades de resistencia a la corrosión. Los imanes magnéticos son básicamente aleaciones de níquel, cobalto, aluminio y hierro.

El níquel elemental se usa en el enchapado eléctrico, en el aluminio anodizado, en las operaciones de moldeo para partes de maquinaria y en la fabricación de monedas; se utiliza también en la manufactura de aleaciones resistentes a los ácidos y magnéticas, cintas magnéticas, instrumentos quirúrgicos y dentales, baterías de níquel y cadmio, jabones de níquel, cajas de transmisión, esmaltes de revestimiento, cerámica coloreada y vidrio. Se usa como catalizador en la hidrogenación de grasas, aceites y otras sustancias químicas en la producción de aceite sintético de carbón, así como un intermediario en la síntesis de ésteres acrílicos para plásticos.

La exposición al níquel puede también producirse durante las operaciones de extracción minera, fundición y refinación.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Esmaltadores  
Fabricantes de barnices  
Fabricantes de pinturas  
Fabricantes de baterías  
Fabricantes de bujías  
Fabricantes de cerámica  
Fabricantes de imanes  
Fabricantes de minas de lápices  
Fabricantes de tinta  
Hidrogenadores de aceites  
Químicos  
Tintoreros  
Tintoreros de la industria textil

# NITROBENCENO

## Resumen

El nitrobenzono es un líquido amarillo pálido, cuyo olor es similar al de las almendras amargas. El nitrobenzono se utiliza en la manufactura de explosivos y colorantes de anilina y como disolvente e intermediario. También se utiliza en la manufactura de pulidores de piso y calzado, cuero y disolventes de pintura y para opacar otros olores desagradables. Se usan reacciones de sustitución con nitrobenzono para formar meta-derivados. El nitrobenzono causa irritación en los ojos, afecta al sistema nervioso central y produce fatiga, cefalea y vértigo. Una exposición crónica al nitrobenzono puede dañar el bazo y el hígado.

## Información adicional

Fórmula química:  $C_6H_5NO_2$

Nombre IUPAC: Nitrobenzono

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Nitrobenzol, aceite de mirbano, aceite de almendras amargas.

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 123 g/g mol

Punto de ebullición: 210.9°C

Punto de fusión: 5.7°C

Gravedad específica: 1.205 a 18°C

Solubilidad en agua: 0.19 partes en 100 de agua a 20°C

## Efectos sobre la salud

El nitrobenzono se puede absorber por inhalación, ingestión y en forma percutánea. El nitrobenzono puede causar irritación a los ojos, afecta al sistema nervioso central y produce fatiga, cefalea, vértigo, vómitos, debilidad generalizada y en algunos casos, depresión aguda, pérdida del conocimiento y coma. El nitrobenzono forma metahemoglobina con gran facilidad; la cianosis aparece cuando la metahemoglobina alcanza el 15%. La formación de sulfohemoglobina puede también contribuir a la toxicidad del nitrobenzono. La exposición crónica puede producir lesión del bazo y del hígado, ictericia, disfunción hepática e ictericia por hemólisis. También se han observado cuerpos de Heinz en los glóbulos rojos y anemia. La ingestión de alcohol puede aumentar los efectos tóxicos.

## **Medidas de protección personal**

En áreas donde existe el riesgo de salpicaduras debe usarse ropa impermeable. La ropa salpicada debe cambiarse de inmediato y la piel debe lavarse cuidadosamente. En áreas donde hay altas concentraciones de vapor se requiere el uso de máscaras con filtro para vapor orgánico o respiradores. Es necesario el cambio diario de ropa y darse una ducha antes de vestir ropa de calle.

## **Reglamentación y normas**

Norma recomendada por NIOSH (aire):  $5\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 ppm)  
En lugares de trabajo el límite umbral para el olor es de 5.94 ppm (CHRIS; 1990).

Valor IDLH: 200 ppm (CHRIS, 1990).

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 2.0 mg/l

## **Exposición ocupacional**

El nitrobenzeno se usa en la manufactura de explosivos y colorantes de anilina y como disolvente intermediario. También se utiliza en la manufactura de pulidores de piso y de calzado, cuero y disolventes de pintura y para opacar otros olores desagradables. Se usan reacciones de sustitución con nitrobenzeno para formar meta-derivados.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Fabricantes de colorantes de anilina  
Fabricantes de explosivos  
Fabricantes de pinturas  
Fabricantes de pulidores  
Sintetizadores de sustancias químicas orgánicas

# PENTACLOROFENOL

## Resumen

El pentaclorofenol probablemente es persistente en el medio ambiente natural. Es embriotóxico y fetotóxico. Se ha demostrado que una exposición crónica causa cloracné, dolor de cabeza, debilidad muscular, pérdida de peso y daño al hígado y riñones. El pentaclorofenol de grado técnico está frecuentemente contaminado con dioxinas p-dibenzo policloradas, estos contaminantes pueden ser los responsables de algunos de los efectos tóxicos asociados con la exposición del pentaclorofenol. El pentaclorofenol es altamente tóxico para los organismos acuáticos.

Fórmula química:  $C_6Cl_5OH$

Nombre IUPAC: 2,3,4,5,6-Pentaclorofenol

Sinónimos importantes y nombres comerciales: PCP, DP-2 antimicrobiano, Doviath 7, Durotox

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 266.32 g/g mol

Punto de ebullición: Se descompone a 309°C

Punto de fusión: 190-191°C

Gravedad específica: 1.978 a 20°C

Solubilidad en agua: 14 mg/litro a 20°C; la sal de sodio del pentaclorofenato es altamente soluble en agua

Solubilidad en sustancias orgánicas: Muy soluble en alcohol y éter; soluble en benceno caliente; ligeramente soluble en ligroína y otros solventes

Coefficiente de partición Log Octanol/Agua: 5.01

Presión de vapor:  $1.1 \times 10^{-4}$  mm Hg a 20°C

pKa: 4.74

## Transporte y destino

Existe muy poca información sobre el transporte del pentaclorofenol a través del medio ambiente. El compuesto tiene una presión de vapor baja y en consecuencia, no es idóneo para una fácil volatilización. Es ligeramente soluble en agua y se adsorbe en los sedimentos, por lo tanto, puede ser transportado a través del suelo, aguas superficiales y mantos acuíferos.

El pentaclorofenol se degrada en presencia de luz solar a fenoles clorados suaves, bencenos tetraclorohidroxilados y fragmentos no aromáticos. La importancia de la fotodegradación del pentaclorofenol es desconocida. También se han encontrado algunos microorganismos del suelo para degradar el pentaclorofenol. Sin embargo, este compuesto es persistente en los sedimentos y se esparce cuando ocurre un derramamiento en un lago de agua dulce. La información limitada de la bioconcentración del pentaclorofenol en especies de agua dulce sugiere un factor de bioconcentración de 500; en especies de agua

salada los factores varían de 13 a 3830. Algunos residuos de pentaclorofenol encontrados en tejidos, pueden ser el resultado del metabolismo del hexaclorobenceno.

### **Efectos sobre la salud**

En estudios realizados no se ha encontrado que el pentaclorofenol sea mutagénico o carcinogénico. Este compuesto está frecuentemente bajo estudios por el Programa Nacional de Toxicología de E.U.A para determinar su potencial carcinogénico. No se ha informado de efectos teratogénicos en los estudios presentados, pero el pentaclorofenol ha demostrado ser embriotóxico y fetotóxico. No se ha encontrado que el pentaclorofenol sea altamente tóxico en exposiciones crónicas, no obstante se han referido casos letales en humanos, a las exposiciones críticas y crónicas. El cloracné es el efecto principal asociado con la exposición crónica en humanos, sin embargo, actualmente este puede provocarse por los contaminantes dioxina-dibenzo policlorada en grado técnico en que se encuentran en el pentaclorofenol. Otros efectos asociados con la intoxicación crónica incluyen debilidad muscular, dolor de cabeza, anorexia, dolor abdominal, pérdida de peso y efectos en el hígado y riñones. Se encontraron efectos menos severos en el hígado y riñones de animales tratados con pentaclorofenol puro, comparados con el compuesto contaminado en grado técnico.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Se ha encontrado que las concentraciones que están en el ámbito de 34 a 2000  $\mu\text{g/litro}$  son tóxicos críticos para organismos acuáticos de agua dulce. La toxicidad es mayor a valores de pH ácido que a valores de pH alcalino. El pentaclorofenol afecta el crecimiento del pez salmón a concentraciones aún muy bajas. Se ha demostrado que también plantas acuáticas de agua dulce son sensitivas a este compuesto, pero no se han estudiado detalladamente.

### **Reglamentación y normas**

Criterios en calidad de agua (USEPA):

Vida acuática

Calidad de agua: 3  $\mu\text{g/litro}$

Salud humana

Criterio de salud: 1.01  $\text{mg/litro}$

Criterio organoléptico: 30  $\mu\text{g/litro}$

Norma OSHA: 500  $\mu\text{g/m}^3$  TWA

Valores del límite umbral ACGIH: 0.5  $\text{mg/m}^3$  TWA

1.5  $\text{mg/m}^3$  STEL

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 100  $\text{mg/l}$

### **Medidas de protección personal**

Generales : Aislar el área de peligro, mantenerse contra el viento, alejar a las personas innecesarias, mantenerse alejado de las áreas bajas.

Ropa de protección: Utilizar mascarilla de respiración autónoma y ropa de protección especial.

### **Exposición Ocupacional**

No hay información disponible al respecto.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de ocupación**

No hay información disponible al respecto.

# PIRIDINA

## Resumen

La piridina provoca irritación en los ojos, principalmente en la cornea y la piel; a altas concentraciones daña al hígado y riñones. La exposición causa náuseas, dolor de cabeza, insomnio, disnea y nerviosismo; puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central.

Fórmula química:  $C_5H_5N$

Nombre IUPAC: Piridina

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 72 g/gmol

Punto de ebullición: 115°C

Punto de fusión: -42°C

Gravedad específica: 0.98

Densidad de vapor: 2.72

Presión de vapor: 18 mm de Hg

Miscible en agua en todas proporciones

Miscible en alcohol y éter

## Transporte y destino

No hay información disponible al respecto.

## Efectos sobre la salud

Bajos niveles de vapor de piridina irritan la membrana de la mucosa y los ojos. A altas concentraciones causan narcosis. Los trabajadores expuestos a concentraciones de vapor promedio de 125 ppm presentan náuseas, anorexia, dolor de cabeza insomnio, disnea y nerviosismo, en algunos casos se observan daños en hígado y riñón. En algunos casos se ha informado la posibilidad de causar daño al sistema nervioso central, así como cuando se presenta aumento de sedimentos en la orina, sugiere presencia de metabolitos.

En la planta química de piridina, los trabajadores expuestos a un intervalo de 6 a 12 ppm presentan dolor de cabeza, vértigo temporal, nerviosismo, náuseas y vómitos. Una solución al 40% causa necrosis en la córnea de los ojos de conejo. El contacto prolongado o constante con los vapores y líquido de piridina puede causar irritación en la piel.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

No hay información disponible al respecto.

## **Reglamentación y normas**

Norma OSHA: 5 ppm promedio en 8 horas de trabajo. Esta puede expresarse también como 15 mg/m<sup>3</sup>.

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 5.0 mg/litro

## **Medidas de protección**

A fin de prevenir el contacto con la piridina y sus sales deben usarse guantes de plástico y de goma. En áreas donde hay elevada concentración de vapores es necesario, el uso de máscaras con filtro de aire que cubra todo el rostro y vestimenta protectora. La ropa contaminada debe descartarse de inmediato y la piel debe lavarse cuidadosamente. Las medidas de higiene personal debe contemplar el cambio de ropa y la ducha diaria. El olor puede detectarse en concentraciones inferiores a 1 ppm, pero no es posible confiar en este hecho, como medida de prevención.

## **Exposición ocupacional**

La piridina se usa como disolvente en la industria química y como desnaturizador del alcohol etílico. También se utiliza en la manufactura de pinturas, explosivos, tinturas, caucho, vitaminas, fármacos a base de sulfa y desinfectantes.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Desnaturizadores de alcohol  
Fabricantes de colorantes  
Fabricantes de medicamentos  
Fabricantes de pinturas  
Fabricantes de vitaminas  
Fabricantes de alcohol desnaturizado  
Manipuladores de caucho  
Tratamiento textil  
Manipuladores de resinas  
Manipuladores de explosivos  
Manipuladores de disolventes  
Industria química-orgánica

# PLATA

## Resumen

La exposición a altos niveles de plata puede causar argyria (una impregnación de los tejidos) y lesiones del hígado, riñón, médula espinal y pulmones en humanos. Se han detectado daños en el hígado y en el riñón, efectos en el sistema nervioso central, edema y congestión pulmonar en animales experimentales expuestos a varios compuestos de plata.

Fórmula química: Ag  
Nombre IUPAC: Plata

## Propiedades físicas y químicas

Peso atómico: 107.868 g/g mol  
Punto de ebullición: 2212°C  
Punto de fusión: 961.93°C  
Gravedad específica: 10.5 a 20°C  
Solubilidad en agua: Insoluble (algunos compuestos son solubles)  
Solubilidad en orgánicos: Soluble en soluciones de cianuro de álcali.

## Transporte y destino

La plata puede existir en varias formas químicas en sistemas acuosos. La plata metálica, la cuál tiene muy baja solubilidad, es estable en muchos de los intervalos Eh-pH del agua. Las concentraciones de cationes de plata hidratados, comúnmente presentes como especies univalentes, se pueden controlar por reacción con iones cloruro, bromuro y yoduro, dando haluros insolubles de plata. La precipitación de cloruro de plata puede ejercer un mejor control en la solubilidad de la plata cuando las concentraciones de cloruro son relativamente altas. Bajo condiciones reductoras a menudo se encuentra en lechos de sedimentos, formando sulfuros de plata y plata metálica y pueden también controlarse los niveles de especies de plata solubles. La plata es fuertemente sorbida por dióxido de manganeso, hidróxido férrico y minerales arcillosos. La sorción es probablemente el proceso dominante principal para remover plata disuelta en una columna de agua. En general, las concentraciones de plata son más altas en los lechos de sedimentos que en las aguas sobrenadantes.

La bioacumulación de la plata en plantas acuáticas, en invertebrados y vertebrados ocurre rápidamente y parece depender principalmente de la sorción-desorción de los sedimentos. Sin embargo, la cantidad de plata distribuida en la biota parece ser menor en comparación con la cantidad que se encuentra en los sedimentos. Un aumento pequeño en la cadena alimenticia parece ocurrir. La fotólisis, volatilización, transporte atmosférico y biotransformación no parecen ser vías o procesos de transporte importantes para la plata.

## Efectos sobre la salud

Existen pocas evidencias para sugerir que la plata tiene actividad carcinogénica en animales experimentales. Se ha referido en varios estudios que las suspensiones coloidales de plata implantadas e inyectadas producen tumores o hiperplasia en el sitio de aplicación. Sin embargo, ésto sugiere que los efectos son debidos a la forma física del metal o a su acción como un irritante exógeno. No hay estudios que sugieran que la plata es carcinogénica en humanos. La plata no parece tener actividad mutagénica o teratogénica en humanos o en animales experimentales.

La plata se puede absorber mediante inhalación o ingestión. Los efectos más comunes y más comentados de la absorción excesiva son una impregnación local o generalizada de los tejidos, a esto se le conoce como argyria. En casos de argyria, la acumulación de plata puede dar como resultado una pigmentación azul-gris de la piel, cabello, órganos internos y conjuntiva del ojo. Una dosis oral grande de compuestos de plata puede producir serios efectos en los humanos. Por ejemplo, el nitrato de plata puede causar violento dolor abdominal, vómito y convulsiones y la ingestión de 10 gramos es reportada comúnmente como fatal. Lesiones en el hígado, riñones, médula espinal y pulmones también han sido atribuidas a la exposición industrial o medicinal.

Se ha informado que la administración intravenosa del nitrato de plata produce edema pulmonar y congestión en animales experimentales. Daño al hígado y al pulmón, efectos al sistema nervioso central, y también se ha detectado que ocasiona la muerte en animales experimentales expuestos a varios compuestos de plata. La administración intraperitoneal LD<sub>50</sub> (30 días) de Ag<sup>+</sup>, como nitrato, en ratones machos suizos albinos es de 13.9 mg/kg. Ratas expuestas a la plata contenida en su abrevadero por 11 meses no mostraron efectos tóxicos a concentraciones menores de 0.4 mg/litro, pero se presentaron hemorragias renales a 0.4 mg/litro. Las actividades de reflejo condicionado y la resistencia inmunológica fueron disminuídas y el ácido nucleico cerebral contenido se incrementó a 0.5 mg/litro.

Numerosos cambios psicológicos, incluyendo el aumento de depresión y cambios patomorfológicos en el hígado, riñón, estómago e delgado fueron manifestados en ratas expuestas a 20 mg/litro por 5 meses.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Los valores de toxicidad crónica para los invertebrados de agua dulce están de 0.25 µg/litro para la *Daphnia magna* a 4500 µg/litro para el *Gammarus pseudolimneaus*. Los valores críticos para peces están en el intervalo de 3.9 µg/litro para el pecesillo de agua dulce a 280 µg/litro para la trucha arcoiris en agua dura. En agua dulce, la toxicidad crónica de la plata comienza a decrecer rápido. Los compuestos solubles, como el nitrato de plata, son generalmente mucho más tóxicos que los compuestos insolubles. Los valores crónicos del intervalo entre 2.6 y 29 µg/litro fueron referidos para *Daphnia magna*. Dos estudios sobre la trucha arcoiris refirieron valores crónicos de 0.12 µg/litro. Las relaciones crónico-agudas para *Daphnia magna* y la trucha arcoiris son de 2.0 y 54, respectivamente. Las plantas acuáticas de agua dulce comienzan a ser más resistentes a la plata que muchos de los animales sensitivos.

Los valores críticos para organismos de agua salada son de 4.7  $\mu\text{g/litro}$  para el lenguado de estío y 1 400  $\mu\text{g/litro}$  para el pecesillo sargo. Un valor crítico de 18  $\mu\text{g/litro}$  y una relación crónica de 14 es referida para el camarón.

Cierto número de células reducidas se observaron en el alga de agua salada *Skeletonema costatum* después de una exposición de 130  $\mu\text{g/litro}$  de plata.

Un exceso de plata puede provocar síntomas de deficiencias de selenio, vitamina E y cobre en animales alimentados con dietas adecuadas y puede agravar síntomas de deficiencia en animales cuya dieta carecen de uno o más de estos nutrientes. Estos efectos son referidos en perros, ovejas, cerdos, pollos, polluelos de pavo y patos.

### Reglamentación y normas

Criterios de calidad del agua (USEPA):

#### Vida acuática

##### Agua dulce:

Toxicidad crítica:  $\text{EXP}\{1.72 [\text{Ln}(\text{dureza})] + 6.52\}$   $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: No hay criterios establecidos

##### Agua salada:

Toxicidad crítica: 2.3  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: No hay criterios establecidos

#### Salud humana

Criterio: 50  $\mu\text{g/litro}$

Norma primaria para agua potable: 50  $\mu\text{g/litro}$

Norma OSHA: 10  $\mu\text{g/m}^3$  TWA

Valor del límite umbral ACGIH: 0.1  $\text{mg/m}^3$  (Metal)

0.01  $\text{mg/m}^3$  (Compuestos  
solubles)

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 5  $\text{mg/l}$

### Medidas de protección personal

Los trabajadores que manipulan soluciones de nitrato de plata deben protegerse de las salpicaduras y derrames mediante ropa impenetrable y anteojos de seguridad. En áreas donde los niveles de polvo son excesivos se debe usar máscaras de recubrimiento facial completo. Se debe proporcionar diariamente ropa limpia a los trabajadores y los alimentos deben ingerirse en áreas no contaminadas. Los trabajadores habrán de ducharse después de cada turno y antes de vestir ropa de calle.

## **Exposición ocupacional**

La plata puede presentarse en aleaciones con cobre, aluminio, cadmio, plomo, antimonio, las cuales se utilizan en la manufactura de platería, joyería, monedas, adornos, placas, conmutadores, instrumentos científicos, accesorios de automóviles y rejillas en las baterías de acumulación. La plata se usa en los aceros de cromo-níquel, en la soldadura y en las aleaciones de bronce, en la aplicación de películas metálicas sobre el vidrio y la cerámica, para aumentar la resistencia y la corrosión al ácido sulfúrico, en las películas fotográficas, en las placas y el papel, como recubrimiento de electroenchapado para el níquel y el cromo, como bactericida para la esterilización del agua, jugos de frutas, vinagres, etc. En las barras colectoras de electricidad y alambrados de plantas eléctricas, amalgamas dentales y como catalizador químico en la síntesis de aldehídos. Debido a su resistencia al ácido acético y otros ácidos de los alimentos se utiliza en la manufactura de tubos, válvulas, tinas, alambres pasteurizantes y boquillas para las industrias de la leche, vinagre, sidra y de la seda de acetato de rayón.

Los compuestos de plata se emplean en fotografía, enchapado de plata, tintas, colorantes, vidrio coloreado y porcelana, grabado en marfil, en la manufactura de espejos y como reactivo de análisis químicos y catalizador. Alguno de los compuestos, también son de importancia médica como antisépticos y astringentes, así como para el tratamiento de algunas enfermedades, en particular en la medicina veterinaria.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

- Fabricantes de aleaciones
- Fabricantes de aleaciones dentales
- Fabricantes de bactericidas
- Fabricantes de cerámica
- Fabricantes de colorantes para el cabello
- Fabricantes de compuestos químicos orgánicos
- Fabricantes de equipos eléctricos
- Fabricantes de equipos para la producción de comida
- Fabricantes de espejos
- Fabricantes de medicamentos
- Fabricantes de monedas
- Fabricantes de vidrio
- Grabadores de marfil
- Trabajadores de fotografía
- Trabajadores de laboratorios químicos
- Trabajadores de plantas de tratamiento de agua
- Trabajadores de soldadura al martillo

# PLOMO

## Resumen

El plomo es un metal pesado que existe en uno de tres estados de oxidación, 0, +2, +4. Existe una evidencia que sugiere que algunas sales de plomo son carcinogénicas, provocan tumoraciones renales en ratones y ratas. El plomo es también un peligro en la reproducción y puede afectar adversamente al cerebro y al sistema nervioso central causando encefalopatía y neuropatía periférica. La exposición crónica a bajos niveles de plomo puede causar una ligera incapacidad de aprendizaje en niños. La exposición al plomo también causa daño en los riñones, anemia y puede tener efectos adversos en el sistema inmune.

Fórmula química: Pb

Nombre IUPAC: Plomo

## Propiedades físicas y químicas

Peso atómico: 207.19 g/g mol

Punto de ebullición: 1740°C

Punto de fusión: 327.502°C

Gravedad específica: 11.35 a 20°C

Solubilidad en el agua: Insoluble, algunos compuestos orgánicos son solubles

Solubilidad en compuestos orgánicos: Soluble en HNO<sub>3</sub> y en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> caliente

## Transporte y destino

Algunas industrias producen compuestos de plomo que son solubles en agua (USEPA 1979). Sin embargo el plomo metálico y los minerales de plomo comunes son insolubles en agua. Generalmente los compuestos naturales de plomo no son móviles en superficies normales o en aguas subterráneas ya que el lixiviado de plomo proveniente de las minas se adsorbe por el hidróxido férrico o se combina con los iones carbonato o sulfato para formar compuestos insolubles.

El movimiento del plomo y sus compuestos inorgánicos y orgánicos como partículas en la atmósfera es el principal proceso de transporte ambiental. El plomo contenido en la atmósfera puede removerse por deposición seca o húmeda. Aún cuando se tiene poca evidencia disponible concerniente a la fotólisis de los compuestos del plomo en aguas naturales la fotólisis en la atmósfera ocurre fácilmente. Estos procesos atmosféricos son importantes en la determinación de la forma en que el plomo entra al sistema acuático y terrestre.

El transporte del plomo en el medio acuático está influenciado por la especificación del ión. El plomo existe principalmente como un catión divalente en la mayoría de las aguas no contaminadas y se vuelve adsorbible en fases particulares. Sin embargo, en aguas

contaminadas los complejos orgánicos son los más importantes. Probablemente, la volatilización de los compuestos de plomo no es importante en la mayoría de los medios acuáticos.

Los procesos de sorción parecen estar excluidos de los procesos dominantes en la distribución de los compuestos del plomo en el ambiente. La adsorción a los sólidos inorgánicos, materiales orgánicos, hierro hidratado y óxido de manganeso generalmente controlan la movilidad del plomo y provocan una fuerte partición del plomo en los sedimentos lechosos en sistemas acuáticos. El mecanismo de sorción más importante en un sistema particular varía con el tipo de sedimentos geológicos, pH, disponibilidad de ligaduras, concentraciones de iones particulares y disueltos, salinidad y composición química. El equilibrio de solubilidad del plomo con carbonato, sulfato y sulfito es bajo. En la mayoría de los intervalos de pH normales, el carbonato de plomo, y el sulfato de plomo controla la solubilidad del plomo en condiciones aerobias y el sulfuro de plomo y el mismo metal controlan la solubilidad en condiciones anaerobias. El plomo se acompleja fuertemente con materias orgánicas presentes en sistemas acuáticos y suelos. El plomo en el suelo no es asimilado por las plantas, razón por la cual su disponibilidad para los organismos terrestres es un poco limitada.

La bioacumulación de plomo se presenta en una gran variedad de organismos, a través de la cadena alimenticia y los factores de bioconcentración se encuentran en un intervalo de 100 a 1 000. La biometilación del plomo por los microorganismos puede remover el plomo de la atmósfera. La última disposición del plomo es probablemente a los océanos profundos.

### **Efectos sobre la salud**

Existe evidencia de que muchas sales de plomo son carcinogénicas en ratones y ratas, causando tumores a los riñones después de una administración oral o parenteral. Los resultados concernientes a la carcinogenicidad del plomo en humanos están inconclusos, no son suficientes para hacer una evaluación. Existe una evidencia inequívoca de que la exposición al plomo causa genotoxicidad en humanos y en animales. La evidencia disponible indica que el plomo presenta un peligro para la reproducción y ejerce efectos tóxicos durante la gestación de los fetos humanos y de animales experimentales (USEPA 1977, 1980).

Muchos compuestos del plomo son muy solubles en los fluidos del cuerpo para considerarse tóxicos (USEPA 1977, 1980). La exposición de humanos o de animales experimentales al plomo puede provocar efectos tóxicos al cerebro, al sistema nervioso central, al sistema nervioso periférico, a los riñones y al sistema hematopoyético. Una exposición crónica al plomo inorgánico por ingestión o inhalación puede causar encefalopatía de plomo y en casos severos puede provocar daño cerebral permanente. La intoxicación por plomo puede causar neuropatía periférica en adultos y niños e incapacidad de aprendizaje permanente que no es clínicamente detectable, aún por exposición a niveles relativamente bajos. Una exposición de período corto al plomo puede causar daños reversibles al riñón, pero una exposición prolongada a concentraciones altas pueden provocar un daño al riñón progresivo y una posible falla renal. Anemia, debida a la inhibición de la síntesis de hemoglobina y una reducción de los glóbulos rojos que circulan por la espina dorsal, es una

manifestación temprana de intoxicación por plomo. Numerosos estudios con animales experimentales sugieren que el plomo puede intervenir con varios aspectos de la respuesta inmune.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Los vertebrados e invertebrados son más sensibles al plomo en agua blanda que en agua dura (USEPA 1980, 1983). Con una dureza de aproximadamente 50 mg/litro de  $\text{CaCO}_3$ . Las concentraciones de plomo para nueve familias de especies animales están en el intervalo de 140  $\mu\text{g/litro}$  a 236600  $\mu\text{g/litro}$ . Los valores crónicos para *Daphnia magna* y la trucha arcoiris son de 12.26 y 83.08  $\mu\text{g/litro}$  respectivamente, con una dureza de aproximadamente de 50 mg/litro. Las relaciones crónico-agudas calculadas para tres especies de agua dulce están en el intervalo de 18 a 62. Se detectaron factores de bioconcentración que fluctúan entre 42 para truchas jóvenes de río hasta 1700 para caracoles. Algas de agua dulce mostraron una inhibición de crecimiento a concentraciones de aproximadamente 500  $\mu\text{g/litro}$ .

Valores críticos para doce especies de agua salada están en el intervalo de 476  $\mu\text{g/litro}$ , para el mejillón común a 27 000  $\mu\text{g/litro}$  y para almeja de concha suave. Una exposición crónica al plomo causa efectos adversos al camarón de agua salada a 37  $\mu\text{g/litro}$ , pero no a 17  $\mu\text{g/litro}$ . La relación crónica-aguda para estas especies es de 118. Los factores de bioconcentración fluctúan entre 17.5 para la almeja Quahog a 2570 para el mejillón azul. Las algas de agua salada son adversamente afectadas a concentraciones aproximadas de plomo tan bajas como 15.8  $\mu\text{g/litro}$ . Aún cuando se sabe que el plomo se encuentra en el tejido de muchos animales silvestres, incluyendo pájaros, mamíferos, pescados e invertebrados, los informes de intoxicación generalmente involucran aves acuáticas. Existe una evidencia de que las concentraciones de plomo que ocasionalmente se encuentra cerca de los bordes de caminos y fundidoras, pueden eliminar o reducir poblaciones de bacterias y hongos en superficies de hojas y de suelos; muchos de estos microorganismos juegan un papel importante en la cadena alimenticia.

Se ha informado de casos de intoxicación con plomo para una variedad de animales domésticos, incluyendo ganado vacuno, caballos, perros y gatos. En estos casos se menciona que varios tipos de fuentes antropogénicas han originado la intoxicación con plomo. Debido a su curiosidad y a sus indiscriminados hábitos de alimentación, el ganado vacuno experimenta el mayor índice de toxicidad por plomo entre los animales domésticos.

### **Reglamentación y normas**

Criterios en calidad del agua (USEPA):

#### **Vida acuática (Criterio propuesto)**

Las bajas concentraciones son para plomo activo, el cual se define como el plomo que pasa a través de un filtro de membrana de 0.45  $\mu\text{m}$  después de que la muestra se ha acidificado a un pH de 4 con ácido nítrico.

Agua dulce:

Toxicidad crítica:  $\text{Exp}\{1.34 [\ln(\text{dureza})]-2.014\}$   $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica:  $\text{Exp}\{1.34 [\ln(\text{dureza})]-5.245\}$   $\mu\text{g/litro}$

Agua salada:

Toxicidad crítica: 220  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 8.6  $\mu\text{g/litro}$

Salud humana

Criterio: 50  $\mu\text{g/litro}$

Norma primaria de agua potable: 50  $\mu\text{g/litro}$

Norma recomendada por NIOSH: 0.10  $\text{mg/m}^3$  TWA  
(plomo inorgánico)

Norma OSHA: 50  $\mu\text{g/m}^3$  TWA

Valores del límite umbral ACGIH:

0.15  $\text{mg/m}^3$  TWA (Polvos y humos inorgánicos)

0.45  $\text{mg/m}^3$  STEL (Polvos y humos inorgánicos)

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable: 0.05  $\text{mg/l}$

### Medidas de protección personal

Los trabajadores deben recibir ropa de trabajo que cubra todo el cuerpo incluyendo la cabeza. El polvo debe eliminarse (extracción al vacío) antes de abandonar cada turno. Debe fomentarse el baño después de cada turno antes de cambiarse a ropa de calle. Todos los empleados expuestos a concentraciones por encima del límite promedio y en caso de emergencia deben usarse máscaras contra el polvo y los humos o bien respiradores con línea de aire. No deben ingerirse alimentos en las áreas contaminadas.

### Exposición ocupacional

El plomo metálico se usa para el recubrimiento de depósitos de tuberías y de otro equipo cuando la flexibilidad y la resistencia a la corrosión son necesarias como en la industria química, en el manejo de gases corrosivos y líquidos usados en la manufactura de ácido sulfúrico, en la refinería de petróleo y en la halogenación, sulfonación, extracción y condensación, así como en la industria de la construcción. También se utiliza como ingrediente en soldaduras, como carga en la industria automotriz y como material protector para rayos X y radiación atómica. Se emplea, además, en la manufactura del plomo tetraetilo y de compuestos orgánicos e inorgánicos del plomo, en pigmentos para pinturas y barnices, acumuladores, vidrios plomados, esmaltes vidriosos, como lustrante en la cerámica, en la goma de litargio, plásticos y artefactos electrónicos. El plomo se usa en la metalurgia y puede agregarse al bronce, latón, acero y a otras aleaciones para mejorar sus características.

Forma aleaciones con el antimonio, zinc y cobre. Se usa también en la metalización para proporcionar revestimientos protectores y en los baños de tratamiento al calor en el tetrafilado de alambres.

La exposición al polvo de plomo puede ocurrir durante la minería, fundición y refinación y la exposición a humos puede producirse durante operaciones a alta temperatura (más de 500°C) como soldadura o revestimiento por pulverización de metales por plomo fundido. Existen numerosos usos de los compuestos de plomo, algunos de los más comunes son en las placas de las baterías eléctricas y acumuladores, como agentes combinantes en la manufactura del hule, como ingredientes en la pintura y esmalte, vidrio, pigmentos y en la industria química.

#### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

- Fabricantes de baterías
- Fabricantes de cerámica
- Fabricantes de fósforos
- Fabricantes de lubricantes
- Fabricantes de perlas artificiales
- Fabricantes de vidrio
- Trabajadores de esmaltes
- Trabajadores con insecticidas
- Soldadores
- Plomeros
- Pintores
- Fundidores de bronce

# SELENIO

## Resumen

Aún cuando el selenio es un elemento esencial en la alimentación, la exposición a cantidades ligeramente superior de los niveles requeridos puede producir efectos tóxicos. Los síntomas provocados por la exposición crónica incluyen dermatitis, afecciones en el funcionamiento de las neuronas, alteraciones gastrointestinales, manchas y caries dentales, así como la pérdida parcial de cabello y uñas. Los efectos tóxicos observados en animales incluyen la degeneración del hígado, riñones y miocardio; hemorragias en el tubo digestivo; daño al cerebro. La inhalación de selenio irrita los ojos, nariz y garganta.

## Información adicional

El selenio es estable en los cuatro estados de valencia: -2, 0, +4 y +6. El selenio elemental puede considerarse inerte en el medio acuático, y su disposición en esta forma parece ser la principal en sistemas naturales.

Fórmula química: Se

Nombre IUPAC: Selenio

## Propiedades físicas y químicas

Peso atómico: 78.96 g/g mol

Punto de ebullición: 684.9°C

Punto de fusión: 217°C

Gravedad específica: 4.26 a 4.81°C

Solubilidad en agua: Insoluble

Solubilidad en compuestos orgánicos: Cristales ligeramente solubles en disulfuro de carbono, soluble en éter; las formas amorfas son solubles en disulfuro de carbono, yoduro de metileno, benceno y en hidroquinonas.

## Transporte y destino

En aguas superficiales, con pH alto, el selenio se encuentra presente en la selenita con un estado de oxidación de (+4) o en el selenato con un estado de oxidación de (+6). Estas especies químicas son muy solubles y es probable que la mayor parte del selenio liberado en el ambiente acuático sea transportado en esta forma a los océanos. Bajo condiciones reductoras y a pH bajo, se puede formar selenio elemental o selenuros de metal. Patrones de especiación química similares afectan el transporte del selenio en el suelo. En suelos ácidos pobremente aireados, predominan las formas insolubles. En suelos alcalinos bien aireados, las formas solubles del selenio forman parte del lixiviado y sus compuestos rápidamente pueden formarse en plantas cultivadas.

El selenio se absorbe fuertemente por óxidos metálicos hidratados, mientras que con las arcillas y los materiales orgánicos tiene poca afinidad. La absorción por lechos sedimentados o sólidos suspendidos y la precipitación con óxidos metálicos hidratados son probablemente el mejor control en la movilidad del selenio en aguas superficiales.

Sin embargo, la mayor parte del selenio en sistemas acuáticos es regularmente transportado como compuestos disueltos. Estudios experimentales indican que el selenio es bastante móvil en arcillas, especialmente bajo condiciones alcalinas.

El selenio se bioacumula en organismos acuáticos y terrestres, esta bioacumulación se origina principalmente a través de la alimentación en pequeñas concentraciones en cada alimento. La conversión del selenio a su forma inerte e insoluble puede ocurrir en organismos terrestres y acuáticos. Sin embargo, el selenio puede ser metilado por una variedad de organismos, incluyendo la microflora béntica. En un ambiente reductor, se puede formar el selenuro de hidrógeno ( $H_2Se$ ). Ambas formas del selenio (metilado y el  $H_2Se$ ) son volátiles y pueden ser liberadas a la atmósfera. Consecuentemente, la removilización del selenio de sistemas acuáticos y terrestres, a través de la biotransformación a formas volátiles y el subsecuente transporte atmosférico, puede dar como resultado un reciclamiento significativo.

### **Efectos en la salud**

No hay evidencia que el selenio sea carcinogénico en humanos. El selenio ha sido administrado por vía oral en animales de laboratorio, pero los datos disponibles son insuficientes para permitir una evaluación confiable de su potencial carcinogénico. Sin embargo, estudios recientes sugieren que el selenio no es carcinogénico. Varios estudios muestran que este elemento actualmente puede reducir la incidencia de tumores bajo ciertas condiciones. Los efectos de mutagenicidad, teratogenicidad y reproductividad no han sido experimentados adecuadamente.

El selenio es un elemento esencial en la alimentación de animales y humanos. Sin embargo, la exposición a cantidades ligeramente superiores a los niveles permitidos puede producir efectos graves y toxicidad crónica. La toxicidad aguda por compuestos de selenio varían mucho, mientras que los efectos crónicos de la mayor parte de sus formas son similares. La exposición puede ser por vía oral, inhalación o vías dérmicas y sus efectos en humanos y en animales de laboratorio son similares. Los efectos agudos incluyen degeneración del hígado, riñones y miocardio, hemorragias en el tracto digestivo y daño cerebral. También puede ocurrir irritación en ojos, nariz y garganta por inhalación, quemaduras en la piel, dermatitis aguda con sensibilización en algunos casos, nerviosismo, somnolencia y convulsiones. El valor de la dosis crítica  $LD_{50}$  para el selenuro de sodio en ratas fue aproximadamente de 10 mg/kg. La toxicidad crónica en humanos aparece solamente en áreas donde se consumen alimentos contaminados con concentraciones excesivas de selenio. Los signos de intoxicación crónica incluyen depresión nerviosa, dermatitis, disturbios gastrointestinales, decoloración y caries dentales, cansancio y pérdida parcial de pelo y uñas.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Algunos alimentos y forrages de cultivos de ciertos suelos seleníferos pueden acumular selenio en concentraciones tan altas como 1 000 ppm. La toxicidad crónica por selenio puede ocurrir en animales de pastoreo que consumen plantas que contienen de 3 a 25 ppm por largos períodos. Los síntomas de envenenamiento crónico (muerte "alkali") incluyen falta de vitalidad, pérdida de cabello, esterilidad, deformación en las patas, cojera, anemia y necrosis grasa del hígado. Los efectos tóxicos agudos incluyen deterioro de la visión, debilidad en los miembros y fallas respiratorias que pueden ocurrir en ganado que consume de 100 a 1 000 ppm de selenio. Hay denuncias de consumo de plantas que contenían de 400 a 800 ppm y que han sido letales para ovejas, cerdos y terneras. No hay quejas de incremento de cáncer en ganado en áreas seleníferas.

## Reglamentación y normas

Criterios de calidad del agua (USEPA):

Vida acuática (Selenita)

Agua dulce:

Toxicidad crítica: 260  $\mu\text{g}/\text{litro}$

Toxicidad crónica: 35  $\mu\text{g}/\text{litro}$

Agua salada:

Toxicidad crítica: 410  $\mu\text{g}/\text{litro}$

Toxicidad crónica: 54  $\mu\text{g}/\text{litro}$

No se han establecido criterios para protección de la vida acuática para los selenatos.

Salud humana

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

Norma primaria para agua potable: 0.01 mg/litro

Norma recomendada por NIOSH: 0.2  $\text{mg}/\text{m}^3$  TWA  
(Compuestos de selenio, como Se)

Norma OSHA: 0.2  $\text{mg}/\text{m}^3$  TWA (Compuestos de Se)

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 1.0 mg/l

Norma Técnica Ecológica Mexicana para agua potable: 0.05 mg/l

## **Medidas de protección personal**

El uso de ropa protectora y una buena higiene personal (baños y cuidado de las uñas) previenen la exposición cutánea y la consiguiente sensibilización. En las áreas donde las concentraciones de polvo y vapores exceden los límites aceptables se requiere el uso de máscaras y respiradores con línea de aire. Las ropas de trabajo deben cambiarse diariamente y es necesario insistir en la importancia del baño antes de vestir ropa de calle.

## **Exposición ocupacional**

La mayor parte del selenio que se produce se usa en la manufactura de rectificadores de selenio. Se utiliza como un pigmento de vidrio rubí, pinturas y colorantes, como agente vulcanizante para el caucho, decolorante para el vidrio verde, catalizador en la prueba de Kjeldahl y como insecticida; así como en la manufactura de electrodos, fotocélulas de selenio y en mezclas semiconductoras de fusión, en baños fotográficos de entonación y en la deshidrogenación de compuestos orgánicos. Se emplea también en la exploración por barrido radioactivo del páncreas y en xerografía fotostática y de rayos X. Puede formar aleaciones con el acero inoxidable, el cobre y el acero colado.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Fabricantes de ácido sulfúrico  
Fabricantes de electrodos de arcos eléctricos  
Fabricantes de pigmentos  
Fabricantes de plaguicidas  
Fabricantes de productos químicos para fotografía  
Fabricantes de rectificadores eléctricos  
Fabricantes de semiconductores  
Fundidores de cobre  
Sintetizadores de compuestos químicos orgánicos  
Tostadores de pirita  
Trabajadores de caucho  
Trabajadores de plásticos  
Trabajadores de textiles

## 1,1,2,2-TETRACLOROETANO

### Resumen

Cuando se administra 1,1,2,2-tetracloroetano por vía oral a ratones provoca tumores en el hígado y ha mostrado ser mutagénico usando determinaciones microbianas. En la administración a ratas preñadas se manifestaron efectos embriotóxicos e incrementos en la incidencia de malformaciones. En animales experimentales, una exposición aguda y crónica daña el hígado, el sistema nervioso central y los riñones. En los humanos, una exposición aguda inhibe el sistema nervioso central y puede ser fatal. Los efectos crónicos incluyen daño al hígado, alteraciones gastrointestinales, y afecciones al sistema nervioso central.

Fórmula química:  $C_2H_2Cl_4$

Nombre IUPAC: 1,1,2,2-Tetracloroetano

Sinónimos importantes y nombres comerciales: sym-Tetracloroetano, acetileno tetraclorado, dicloro-2,2-dicloroetano

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 167.85 g/g mol

Punto de ebullición: 146.2°C

Punto de fusión: -36°C

Gravedad específica: 1.5953 a 20°C

Solubilidad en agua: 2900 mg/litro a 20°C

Solubilidad en sustancias orgánicas: Soluble en alcohol, éter, acetona, benceno, éter de petróleo, tetracloruro de carbono, cloroformo, disulfuro de carbono, dimetilformamida, y aceites.

Índice de octanol/coeficiente de partición del agua: 2.56

Presión de vapor: 5 mm Hg a 20°C

Densidad de vapor: 5.79

### Transporte y destino

Relativamente es poca la información específica disponible referente al transporte y destino en el ambiente del 1,1,2,2 tetracloroetano. Sin embargo, se pueden hacer predicciones acerca de estos procesos basándose en la comparación de compuestos similares tal como el 1,1,1-tricloroetano. Ni la fotólisis, ni la oxidación parecen ser procesos de destino acuático importantes. No obstante, basado en la analogía con el 1,1,1-tricloroetano, la fotodisociación estratosférica por luz ultravioleta de alta energía y la foto-oxidación troposférica vía reacción con radicales hidroxilo, parecen ser importantes destinos. No existe información específica disponible referente a la hidrólisis del 1,1,2,2-tetracloroetano en el ambiente. Aunque, la poca información sobre la reactividad del 1,1,1-tricloroetano sugiere que la hidrólisis del 1,1,2,2-tetracloroetano ocurriría muy lentamente para llegar a ser un proceso de destino importante. Datos disponibles indican que puede ocurrir una volatilización rápida del 1,1,2,2-tetracloroetano de las aguas superficiales. Por lo tanto, aún cuando algo de éste

compuesto será absorbido de la atmósfera por aguas superficiales regresando a la superficie terrestre por medio de la precipitación, la foto-oxidación atmosférica y la fotodisociación son probablemente los destinos ambientales más importantes.

Fundamentado en la analogía con el 1,1,1-tricloroetano, la sorción del 1,1,2,2-tetracloroetano a sedimentos de arcilla puede no ser un proceso importante. El índice de octanol/coeficiente de partición del agua para este compuesto indica que la sorción por partículas orgánicas y la bioacumulación se puede presentar hasta cierto límite, pero se disponen sólo de datos empíricos insuficientes. Información disponible de compuestos afines sugieren que la biotransformación y la biodegradación ocurren a bajas velocidades o no del todo.

### **Efectos sobre la salud**

El 1,1,2,2-tetracloroetano es un carcinogénico del hígado cuando se administra por vía oral a los ratones. La IARC concluyó que es una evidencia limitada para determinar su carcinogenicidad en animales experimentales. Este compuesto es mutagénico en al menos dos bacterias sujetas a experimentación. La administración de 300-400 mg/kg/día a ratones durante su organogenia reveló la manifestación de efectos embriotóxicos y un ligero incremento a la incidencia de malformaciones.

Produce efectos agudos y tóxicos en animales de laboratorio expuestos por varias rutas. La acción tóxica se presenta primordialmente en el hígado. Sin embargo, también se informó acerca de efectos en el sistema nervioso central, en los riñones y en otros tejidos; y una exposición aguda puede ser fatal. El valor de LD<sub>50</sub> por vía oral en ratas es de 250 mg/kg.

Se han denunciado numerosas muertes en seres humanos, principalmente debido a una exposición ocupacional por ingestión, inhalación o contacto con la piel. Una exposición aguda produce náuseas, vómito, dolor abdominal, pérdida de apetito, dolor de cabeza, irritabilidad, nerviosismo, insomnio, ictericia con hepatomegalia, y otras manifestaciones. Efectos crónicos incluyen hepatotoxicidad y alteraciones gastrointestinales además de efectos en el sistema nervioso central tal como tumores, vértigo, dolor de cabeza, parálisis y polineuritis.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Valores agudos para invertebrados de agua dulce están en el intervalo de 9 320 µg/litro y 20 000 µg/litro para dos especies de peces. Una prueba embrio-larval con pez lardo proporcionó un valor crónico de 2 400 µg/litro y un radio agudo-crónico de 8.5 para estas especies. Se reportaron valores críticos de 9 020 µg/litro para el camarón y 12 300 µg/litro para el pez sargo. La exposición del 1,1,2,2-tetracloroetano afecta la clorofila y un número de células de alga expuesta a aproximadamente 141 000 µg/litro en especies de agua dulce y 6 300 µg/litro en especies de agua salada. La medida promedio del factor de bioconcentración para la porción comestible para todos los organismos acuáticos de estuario y agua dulce consumidos por americanos es 5.0.

## Reglamentación y normas

### Criterios en calidad del agua (USEPA):

#### Vida acuática

Los datos disponibles no son suficientes 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 1,1,2,2-tetracloroetano en agua son:

Riesgo	Concentración
$10^{-5}$	1.7 $\mu\text{g/litro}$
$10^{-6}$	0.17 $\mu\text{g/litro}$
$10^{-7}$	0.017 $\mu\text{g/litro}$

Unidades de riesgo CAG (USEPA):  $0.2 \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Norma recomendada por NIOSH:  $7 \text{ mg/m}^3$  TWA

Norma OSHA (epidermis):  $35 \text{ mg/m}^3$

Valor del límite umbral ACGIH (epidermis):  $7 \text{ mg/m}^3$   
 $35 \text{ mg/m}^3$  STEL

## Medidas de protección personal

Debe usarse ropa de protección y guantes, así como respiradores adecuados y máscaras en áreas donde hay altas concentraciones de vapor.

## Exposición ocupacional

El tetracloroetano se utiliza como agente para la limpieza en seco, como fumigante, en el cemento y en lacas. Se usa en la fabricación de tetracloroetileno, seda artificial, cuero artificial y perlas artificiales. Últimamente casi no se utiliza como disolvente porque ha sido reemplazado por compuestos menos tóxicos. También se emplea para estimar el contenido de agua del tabaco y de muchos fármacos y como disolvente para la impregnación de pieles con cloruro de cromo.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Biólogos  
Enceradores  
Fabricantes de empaquetaduras  
Fabricantes de lacas  
Fabricantes de pinturas  
Fabricantes de resinas  
Fumigadores  
Limpiadores de metales  
Manipuladores de herbicidas  
Manipuladores de insecticidas  
Mineralogistas  
Procesadores de aceites  
Procesadores de fósforo  
Procesadores de grasas  
Trabajadores con barnices  
Trabajadores con disolventes  
Trabajadores de tintorerías de limpieza en seco  
Tratadores de suelos

# TETRACLOROETILENO

## Resumen

El tetracloroetileno puede causar quemaduras en los ojos y la piel; la exposición a concentraciones altas causa mareos, delirio y desmayo; puede provocar arritmia cardiaca. Puede ocurrir un daño severo en el hígado y los riñones. La exposición prolongada aumenta la concentración de fluido en los pulmones (edema pulmonar), puede dañar el desarrollo del feto y, también está clasificada entre las sustancias carcinógenas.

Fórmula química:  $C_2Cl_4$

Sinónimos: Dicloruro de carbono; Tetracloruro de etileno; Percloroetileno

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 166.16 g/gmol

Punto de fusión:  $-23.35^{\circ}C$

Punto de ebullición:  $121.20^{\circ}C$

Densidad: 1.6311

Presión de vapor: 14 mm Hg a  $20^{\circ}C$

Insoluble en agua

## Transporte y destino

El 85% de tetracloroetileno que se utiliza se lanza a la atmósfera, la volatilización al parecer es la principal vía de transporte cuando se encuentra en medio acuático. Zoeteman et al (1980) estimó que la vida media del tetracloroetileno es de 3-30 días para aguas ribereñas y 30-300 días para lagos. La fotodegradación en agua, al parecer no es importante como ruta de transporte, más bien se da una volatilización rápida. Una vez que el tetracloroetileno se encuentra en la tropósfera, los radicales hidroxilo atacan el doble enlace, formando un compuesto intermediario que fácilmente se hidroliza en la fase acuosa originando el ácido tricloroacético, el cual se descompone lentamente en dióxido de carbono y iones cloruro. Bouwer et al.(1981), no encontró degradación aerobia ni anaerobia, usando efluentes de aguas negras y un cultivo metanógeno mixto, respectivamente. En 1983 reporta la transformación anaerobia casi completa utilizando un cultivo metanogénico mixto; el primer paso parece ser una dechloración reduciéndolo a tricloroetileno.

## Efectos sobre la salud

La exposición alta de poca duración puede causar mareos, delirio y desmayo repentino; una exposición excesiva puede provocar arritmia cardiaca, también puede causar daño al hígado y los riñones y hasta la muerte. Por inhalación produce tos y edema pulmonar; Estos efectos pueden retardarse por muchas horas. La exposición prolongada causa resecamiento y agrietamiento de la piel y el contacto puede causar severas quemaduras a la piel y ojos;

puede producir neuropatías, temblores, neuritis y manifestaciones de intoxicación crónica. La exposición al vapor puede irritar los ojos, nariz, boca y garganta. El tetracloroetileno quizá sea un carcinógeno en los seres humanos, pues se ha comprobado que causa cáncer del hígado en los animales. También puede ser teratogénico; causa daño al desarrollo fetal.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

La absorción en la piel es muy rápida en los ratones y conejillos de india; se encontraron concentraciones altas de tetracloroetileno en la sangre del conejillo de india después de 30 minutos de su aplicación. Los niveles del compuesto en la sangre de los ratones se detectó después de 1 hora de la ingestión o después de 6 horas de inhalación. Después de 72 horas de la administración oral (1 vez por alimentación forzada o 12 horas de agua ingerida), o bien 6 horas de inhalación de gases de tetracloroetileno, se encontró reactividad en el tejido adiposo, riñones e hígado de ratas, también en pulmones, cabeza y glándulas suprarrenales aunque en menor proporción. El tetracloroetileno fue "absorbido" irreversiblemente en las macromoléculas del hígado, con gran celeridad y alcance. No se observó cambios en el DNA.

### **Reglamentación y normas**

Norma OSHA: 25 ppm como un promedio durante 8 horas de trabajo.

Norma ACGIH: 50 ppm límite recomendado de exposición en el aire y 200 ppm.  
como un STEL (límite de exposición de corta duración).

Norma NIOSH: La exposición recomendada para aire, es el límite más bajo posible. No hay nivel seguro de exposición a un carcinógeno.

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.7 mg/litro

### **Medidas de protección**

Donde sea posible, limitar las operaciones a un lugar encerrado y usar ventilación de escape local en el lugar de emisiones químicas. Debe protegerse la piel con cremas aislantes, guantes y ropa de protección personal. En áreas donde hay altas concentraciones de vapor deben usarse máscaras que cubran todo el rostro. Lávese muy bien después de exponerse al tetracloroetileno y al término de su turno de trabajo. No coma, fume o beba donde se maneja, procesa o almacena la sustancia. Lávese cuidadosamente las manos antes de comer o fumar.

## **Exposición ocupacional**

El tetracloroetileno es un disolvente de amplio uso, en particular como agente de limpieza en seco, desengrasante, intermediario químico, fumigante y medicamentos antihelmínticos.

### **Lista parcial de ocupaciones con alto riesgo de exposición**

Desengrasantes  
Desengrasantes de metal  
Fabricantes de ceras  
Fabricantes de disolventes  
Fabricantes de jabones  
Fabricantes de medicamentos antihelmínticos  
Fabricantes de tubos al vacío  
Lavadores de lana  
Procesadores de caucho  
Procesadores de ésteres de celulosa  
Procesadores de éter  
Procesadores de alquitrán  
Procesadores de lubricantes  
Fumigadores  
Impresores  
Trabajadores de la galvanoplastia  
Trabajadores de tintorería

# TETRACLORURO DE CARBONO

## Resumen

El tetracloruro de carbono es un líquido inflamable e incoloro, con olor característico. La descomposición oxidativa a la flama puede producir fosgeno y cloruro de hidrógeno.

Fórmula química:  $C-Cl_4$

Sinónimos: Tetraclorometano; Perclorometano; Bencinoformo

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 153.8 g/gmol

Punto de fusión:  $-22.6^{\circ}C$

Punto de ebullición:  $76.8^{\circ}C$

Punto de congelación:  $-22.9^{\circ}C$

Presión de vapor: 100 mm de Hg

Densidad: 1.597

Soluble en alcohol, benceno, éter, aceites, éter de petróleo,  $CHCl_3$  y  $CS_2$

## Transporte y destino

No hay información disponible al respecto.

## Efectos en la salud

Este disolvente desprende la cubierta lipídica natural de la piel; el contacto repetido puede causar dermatitis fisurada, seca y escamosa. El contacto con los ojos es ligeramente irritante, pero de manera transitoria. La exposición excesiva puede producir depresión del sistema nervioso central, así como síntomas gastrointestinales. La exposición aguda puede presentar signos y síntomas de lesiones hepáticas y renales; la hepatitis tóxica produce náuseas, vómito y dolor abdominal, diarrea, hepatomegalia e ictericia; la insuficiencia renal aguda puede producir disminución del volumen urinario, presencia de glóbulos rojos y blancos en la orina, albuminuria, coma y muerte. El riesgo de los efectos sistémicos aumenta cuando se usa tetracloruro de carbono y se ingiere alcohol. Es potencialmente carcinógeno; puede causar efectos teratogénicos.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

No hay información disponible al respecto.

## **Reglamentación y normas**

La norma federal es de 10 ppm ( 65 mg/m<sup>3</sup>), como promedio ponderado para un periodo de 8 horas, con una concentración máxima aceptable de 25 ppm. Concentraciones de 200 ppm, durante 5 minutos en 4 horas de exposición (STEL).

Norma NIOSH: Recomienda un límite máximo de 2 ppm, basado en un periodo de muestreo de 1 hora con un flujo de 750 ml/min.

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.5 mg/litro

## **Medidas de protección personal**

Usar cremas y guantes, así como ropa de protección y máscaras, en aquellas áreas con riesgo de exposición.

## **Exposición ocupacional**

El tetracloruro de carbono se usa como disolvente de aceites, grasas, lacas, barnices, hule, ceras y resinas. A partir de él se sintetizan químicamente los fluorocarbonos; también se usa como agente secador azeotrópico para bujías, en la limpieza en seco, líquido de extinguidores, fumigantes y como agente antihelmíntico. El uso de este disolvente es muy amplio y se recomienda sustituirlo por disolventes menos tóxicos, siempre que sea técnicamente posible.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

- Bomberos
- Desengrasantes
- Fabricantes de ceras
- Fabricantes de fluorocarbonos
- Fabricantes de hule
- Fabricantes de insecticidas
- Fabricantes de lacas
- Fabricantes de propulsores
- Químicos
- Manipuladores de disolventes
- Procesadores de grasas
- Limpiadores de metales
- Fabricantes de tintas
- Fumigadores de granos
- Fabricantes de refrigerantes

# TOLUENO

## Resumen

Se ha demostrado que el tolueno es embriotóxico en animales experimentales y que ocasiona un incremento en la incidencia de paladar hendido en las crías de los ratones a los que se les dosificó esta sustancia. La exposición de animales a la inhalación crónica de altos niveles de tolueno causó degeneración cerebral y encefalopatía irreversible. En humanos, la exposición aguda inhibe el sistema nervioso central y causa narcosis.

Fórmula química:  $C_6H_5CH_3$

Nombre IUPAC: Metilbenceno

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Toluol, fenilmetano

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 92.13 g/g mol

Punto de ebullición: 110.6°C

Punto de fusión: -95.0°C

Gravedad específica: 0.8669 a 20°C

Solubilidad en agua: 534.8 mg/litro

Solubilidad en sustancias orgánicas: Soluble en acetona, ligroína, y disulfuro de carbono; miscible en alcohol, éter, benceno, cloroformo, ácido acético glacial y otros disolventes orgánicos.

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 2.69

Presión de vapor: 28.7 mm Hg a 25°C

Densidad de vapor: 3.14

Temperatura de inflamación: 4.4°C

## Transporte y destino

La volatilización parece ser la mejor ruta de remoción de tolueno del ambiente acuático y sus reacciones atmosféricas subordinan todos los otros procesos de destino (USEPA 1979). La foto-oxidación es el proceso de destino atmosférico primario para el tolueno y se informa que el benzaldehído es el producto orgánico principal. Subsecuentemente, la precipitación o la deposición por gravedad pueden depositar el tolueno o sus productos de oxidación en sistemas acuáticos y terrestres. La descomposición fotolítica directa del tolueno es energéticamente improbable en la tropósfera, la oxidación y la hidrólisis son procesos poco probables en los sistemas acuáticos.

El coeficiente de partición log octanol/agua, indica que el proceso de sorción puede ser significativo. Sin embargo, estudios no específicos de la sorción en el ambiente están disponibles y se desconoce el grado al que la adsorción por sedimentación y por materia orgánica suspendida puede intervenir con la volatilización. Probablemente la bioacumulación no es un proceso de destino importante. Aunque se sabe que el tolueno es degradado por microorganismos y puede ser destoxificado y excretado por mamíferos, los datos disponibles

no permiten estimar la importancia relativa de los procesos de biodegradación/biotransformación. Casi todas las descargas del tolueno al medio ambiente por la industria se hacen en forma de emisiones atmosféricas.

### **Efectos sobre la salud**

No existe una evidencia concluyente de que el tolueno sea carcinogénico o mutagénico en animales o humanos (USEPA 1980). El Programa Nacional de Toxicología en Estados Unidos de América, está generalmente dirigido a bioensayos de carcinogenicidad por inhalación en ratas y ratones.

La administración oral del tolueno en dosis tan baja como 260 mg/kg producen un incremento significativo en la letalidad embrionaria en ratones (USEPA 1980). Se observó un decremento en el peso fetal a dosis de 434 mg/kg y aumentó la incidencia de fisura palatina con dosis de 867 mg/kg. Sin embargo, otras investigaciones efectuadas con animales de laboratorio han informado que el tolueno es embriotóxico pero no teratogénico. No hay evidencia de efectos teratogénicos en seres humanos después de la exposición al tolueno.

La exposición crítica al tolueno en concentraciones de 375 a 1 500 mg/día produce en seres humanos alteraciones en el sistema nervioso central y narcosis (ACGIH, 1980). Sin embargo, aún exponiéndose a grandes cantidades para producir inconciencia, sí llega a provocar efectos residuales dañinos en diferentes órganos. Los valores de LD<sub>50</sub> oral y de LC<sub>0</sub> por inhalación son de 5 000 mg/kg y de 15 000 mg/m<sup>3</sup>, respectivamente. La exposición por inhalación crónica del tolueno en concentraciones altas, produce degeneración cerebral y una encefalopatía irreversible en los mamíferos.

El tolueno en cantidades suficientes, parece tener el potencial para alterar significativamente el metabolismo y da como resultado bioactividad de ciertos compuestos químicos. Por ejemplo, el hecho de coadministrar el tolueno junto con el benceno o el estireno ha mostrado que elimina el metabolismo del benceno o estireno en las ratas.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

De cinco especies de agua dulce ensayadas dosificándoles tolueno, la *Daphnia magna* fue la más resistente en cuanto a efectos críticos (USEPA 1980). Los valores de EC<sub>50</sub> y LC<sub>50</sub> para las cinco especies fluctuaron entre 12 700 a 313 000 µg/litro. No hay ensayos sobre toxicidad crónica disponibles para especies de agua dulce. Las dos especies de algas de agua dulce que se estudiaron son relativamente insensibles al tolueno con valores de EC<sub>50</sub> mayores de 245 000 µg/litro. Para especies de agua salada, los valores de EC<sub>50</sub> y LC<sub>50</sub> están entre 3 700 µg/litro para camarón de bahía y 1 050 mg/litro para ostiones del Pacífico. Los valores crónicos en una prueba de embrión-larva para pez sargo, van de 3 200 a 7 700 µg/litro, y la relación aguda-crónica está entre 55 y 97. En varias especies de algas de agua salada y marinas, los efectos ocurren en concentraciones de 8 000 a más de 433 000 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 reporta las concentraciones tóxicas inferiores que se conocen de tolueno para organismos acuáticos.

#### Agua dulce:

Toxicidad crítica: 17 500  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: Dato no disponible

#### Agua salada:

Toxicidad crítica: 6 300  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 5 000  $\mu\text{g/litro}$

#### Salud humana

Criterio: 14.3 mg/litro

Norma recomendada por NIOSH: 375  $\text{mg/m}^3$  TWA  
560  $\text{mg/m}^3$  STEL

Norma OSHA: 750  $\text{mg/m}^3$  TWA  
1120  $\text{mg/m}^3$  nivel máximo

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 14.4 mg/litro

## Medidas de protección personal

Donde existe una concentración de vapor por encima de los límites permisibles, los trabajadores deben usar respiradores (con línea de aire) o máscaras antigas con filtros para vapor orgánico, que cubran todo el rostro. En operaciones que requieren la exposición permanente al tolueno líquido es necesario usar ropa impermeable, guantes y otro tipo de protección. La ropa mojada con tolueno debe desecharse de inmediato, a menos que sea impermeable, y es necesario cambiarse de ropa de trabajo por lo menos dos veces por semana. En áreas donde se pueden producir salpicaduras deben usarse anteojos.

## Exposición ocupacional

El tolueno puede encontrarse en la manufactura del benceno. También se usa como sustrato químico para el diisocianato de tolueno, el fenol, el bencilo y sus derivados, el ácido benzóico, los sulfonatos de tolueno, los nitrotoluenos, el viniltolueno y la sacarina, así como disolvente para pinturas y revestimientos o como componentes de combustibles para automóviles o aviones.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Fabricantes de adelgazadores de pinturas

Fabricantes de benceno

Fabricantes de cementos de hule

Fabricantes de diisocianato de tolueno

Fabricantes de perfumes

Fabricantes de sacarina

Fabricantes de viniltolueno

Manipuladores de lacas

Mezcladores de combustible para aviones

Mezcladores de gasolina

Trabajadores con disolventes

Trabajadores de hornos de coque

Trabajadores de la industria petroquímica

Trabajadores de laboratorios químicos

# TOXAFENO

## Resumen

El toxafeno es un plaguicida orgánico clorado y persistente en el ambiente natural. En animales de bioensayo ha inducido cáncer en el hígado y tumores en la tiroides en ratas. El toxafeno es fetotóxico y decrece la espermatogénesis. La exposición crónica a este compuesto ha provocado daño al hígado y a los riñones y estimula el sistema nervioso central en animales. En humanos, los síntomas de intoxicación crítica incluyen vómito, convulsiones, cianosis y coma. Es altamente tóxico en organismos acuáticos.

## Información adicional

El toxafeno consiste primordialmente de canfeno clorado y una mezcla de compuestos relacionados e isómeros. En general, los valores de las propiedades físicas y químicas que se dieron a conocer son valores promedio.

Fórmula química:  $C_{10}H_{10}Cl_8$  (Fórmula promedio)

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Canfecloro, canfeno clorado, Attac, Strobane-T.

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 414 g/g mol

Punto de ebullición: Mayor de 120°C

Punto de fusión: 65-95°C

Gravedad específica: 1.64 a 25°C

Solubilidad en agua: 0.4 a 3.0 mg/litro

Solubilidad en orgánicos: Muy soluble en la mayoría de los solventes orgánicos.

Coefficiente de partición Log Octanol/Agua: 3.3

Presión de vapor: 0.2 a 0.4 mm Hg a 25°C

Punto de inflamación: 135°C (En recipiente cerrado).

## Transporte y destino

Como el toxafeno es una mezcla compleja de derivados policlorados del canfeno, resulta difícil valorar su ruta de transporte y destino. Los procesos de fotólisis, oxidación e hidrólisis quizá no son destinos importantes en los sistemas acuáticos. Es persistente en el ambiente y su transporte a través del suelo, agua y aire puede ocurrir con relativa facilidad. Existe poca información disponible, pero es probable que la volatilización sea un proceso de transporte importante, especialmente para las grandes estructuras cloradas con muy baja solubilidad en agua. El toxafeno es muy estable en los procesos de degradación biológica y química en sistemas ambientales aerobios, pero presenta una reducción parcial (con pérdida del contenido de cloro) en ambientes anaerobios. De acuerdo a la biodegradación que pueda ocurrir dependerá el transporte del toxafeno en ambientes anaerobios. Un proceso

dominante en sistemas acuáticos es la absorción directa en sedimentos o la adsorción en partículas seguida por deposición en sedimentos cuando la reducción biológica y química pueden ocurrir. La rapidez de pérdida del toxafeno en sistemas acuáticos se determina parcialmente por la sedimentación de partículas y por la calidad del cuerpo de agua. Las propiedades físicas y químicas de los componentes individuales del toxafeno determinan cuales compuestos serán absorbidos y subsecuentemente reducidos. La bioacumulación es un proceso ambiental importante para el toxafeno. La adsorción por biota es rápida y significativa y puede ocurrir en sistemas naturales.

### **Efectos sobre la salud**

Los resultados de un bioensayo llevado a cabo por el Programa de Pruebas de Carcinogénesis del Instituto Nacional del Cáncer indican que el toxafeno causa un incremento en las incidencias de carcinomas hepatocelulares en ratones y sugiere que es carcinogénico para la tiroides en las ratas (NCI 1979). El IARC ha concluido que el toxafeno es un carcinógeno animal y se sospecha que es un carcinógeno humano. También ha producido resultados positivos y negativos en una serie de ensayos diferentes de mutagenicidad. Los estudios concernientes a los efectos reproductivos del toxafeno sugieren que la administración oral puede producir toxicidad maternal y fetal. Sin embargo, no parece tener efectos teratogénicos.

La exposición crítica al toxafeno causa efectos debido principalmente a la estimulación del sistema nervioso central. La exposición subcrónica da como resultado cambios en los riñones, así como también cambios en la química de la sangre. Los síntomas de la intoxicación oral crítica por toxafeno en humanos incluye vómitos, convulsiones, cianosis y coma. Se ha considerado como una dosis letal mínima 40 mg/kg para humanos. En ratas los efectos patológicos incluyen hinchazón oscura y congestión de los riñones, degeneración grasosa y necrosis del hígado y decrece la espermatogénesis. El toxafeno en la dieta de ratas produce inhibición en la función hepatobiliaria. Para ratas se reporta una dosis oral LD<sub>50</sub> de 40 mg/kg. También se ha señalado la toxicidad del toxafeno por exposición dérmica e inhalación en humanos y en animales experimentales, pero existe mayor información sobre los efectos por ingestión.

### **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Los valores críticos medios para especies invertebradas se encuentran en el intervalo de 1.3 µg/litro para la mosca y 180 µg/litro para la especie enana. Valores para especies de peces están en el intervalo de 2 µg/litro para lobina de boca amplia a 20 µg/litro para el guppy (pez oriundo de Venezuela). Los valores crónicos de especies medias están en el intervalo de 0.037 µg/litro para el pez leardo a 1.8 µg/litro, para la especie enana. Las relaciones críticas-crónicas para especies de agua dulce fluctúan de 71 a 265. Los valores críticos medios para invertebrados de agua salada están en el intervalo de 0.11 µg/litro para un copépodo a 1 120 µg/litro para la almeja de concha dura. Los valores para algunas especies de peces están en el intervalo de 0.5 µg/litro para el pez alfiler hasta 8.2 µg/litro para el pez sargo. Los factores de bioconcentración entre los organismos acuáticos varían entre 1 200 y 50 000 µg/litro. Las concentraciones de toxafeno que se sabe causan efectos adversos sobre las especies de plantas acuáticas fluctúan entre 0.15 a 1 000 µg/litro.

El toxafeno tiene un grado relativamente alto de toxicidad en los organismos acuáticos y es causante de la muerte de los peces y de efectos nocivos sobre su desarrollo y reproducción. Aunque es relativamente menos tóxico para las aves y los mamíferos, la bioacumulación resulta de la exposición a concentraciones excesivas. Se sabe que los pájaros mueren debido al toxafeno.

## Reglamentación y normas

### Criterios en calidad del agua

#### Vida acuática

##### Agua dulce:

Toxicidad crítica: 1.6  $\mu\text{g/litro}$   
 Toxicidad crónica: 0.013  $\mu\text{g/litro}$

##### Agua salada:

Toxicidad crítica: 0.070  $\mu\text{g/litro}$   
 Toxicidad crónica: Dato no disponible

#### Salud humana

Se estima de los riesgos carcinogénicos asociados con el tiempo de exposición a diferentes concentraciones de toxafeno en agua:

Riesgo	Concentración
$10^{-5}$	7.1 ng/litro
$10^{-6}$	0.71 ng/litro
$10^{-7}$	0.07 ng/litro
Unidades de riesgo CAG (USEPA): 1.13 (mg/kg/día) <sup>-1</sup>	
Norma OSHA: 0.5 mg/m <sup>3</sup> TWA	
Valor del límite umbral ACGIH: 0.5 mg/m <sup>3</sup> TWA 1 mg/m <sup>3</sup> STEL	
Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.5 mg/l	

## Medidas de protección

Generales: Aislar el área de peligro, mantenerse contra el viento, mantener a las personas innecesarias alejadas, permanecer alejado de las áreas bajas.

Ropa de protección: Utilizar mascarilla de respiración autónoma y ropa de protección especial.

**Exposición Ocupacional**

No hay información disponible al respecto.

**Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

No hay información disponible al respecto.

# 1,1,1-TRICLOROETANO

## Resumen

Resultados preliminares sugieren que el 1,1,1-tricloroetano (1,1,1-TCA) induce el crecimiento de tumores en el hígado en ratas. Demostró ser mutagénico empleando los ensayos de Ames, causa transformaciones en los cultivos de células de embrión de ratas. Las exposiciones por inhalación de altas concentraciones de 1,1,1-TCA, causan depresiones al sistema nervioso central; afectan las funciones cardiovasculares; dañan a los pulmones, al hígado y a los riñones en animales y humanos. Se han asociado irritaciones de la piel y de membranas mucosas con la exposición al 1,1,1-tricloroetano.

## Información adicional

Fórmula química:  $\text{CH}_2\text{Cl}_3$

Nombre IUPAC: 1,1,1-tricloroetano

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Metilcloroformo, cloro-1,1,1-TCA

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 133.4 g/g mol

Punto de ebullición: 74.1°C

Punto de fusión: -30.4°C

Gravedad específica: 1.34 a 20°C

Solubilidad en el agua: 480-4,400 mg/litro a 20°C (en la literatura aparecen varios valores que divergen)

Solubilidad en compuestos orgánicos: Soluble en acetona, benceno, tetracloruro el carbono, metanol, éter, alcohol y solventes clorados.

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 2.17

Presión de vapor: 123 mm de Hg a 20°C

Densidad de vapor: 4.63 g/cm<sup>3</sup>

## Transporte y destino

El 1,1,1-tricloroetano (1,1,1-TCA) se dispersa de la superficie del agua, primordialmente por volatilización. Varios estudios han indicado que el 1,1,1-tricloroetano se puede absorber dentro de los materiales orgánicos de los sedimentos, pero ésta no es una vía probable de destino para eliminarlo de la superficie del agua. El 1,1,1-tricloroetano se puede transportar en el agua subterránea, su velocidad de transporte dependerá de la composición del suelo.

El destino principal y más probable para esta sustancia química es la foto-oxidación por reacción con radicales libres en la atmósfera.

## Efectos sobre la salud

El 1,1,1-tricloroetano se estudió nuevamente para carcinogenicidad, debido a que en estudios previos realizados por la NCI (1977), se excluía previamente la letalidad en la valoración de carcinogenicidad. Resultados preliminares indicaron que cuando se administraba por medio de alimentación forzada a ratones hembras, el 1,1,1-TCA incrementó la incidencia de una combinación de carcinomas hepatocelulares y adenomas (NTP, 1984). Existe evidencia que el 1,1,1-tricloroetano es mutagénico en *Salmonella typhimurium* y causa transformaciones embriocelulares en las ratas (USEPA 1980). Estos resultados sugieren que su química puede ser carcinógena.

Se han observado otros efectos tóxicos a concentraciones superiores a 350 ppm en ambientes abiertos. Los efectos tóxicos más notables del 1,1,1-tricloroetano en seres humanos y animales a muy altas concentraciones son la inhibición del sistema nervioso central, incluyendo la anestesia y el deterioro de la coordinación, equilibrio y juicio; a bajas concentraciones, menores de 350 ppm, se presentan efectos cardiovasculares, incluyendo contracciones ventriculares prematuras, decremento de la presión sanguínea y sensibilización a la arritmia epinefrina inducida; así como efectos adversos en los pulmones, hígado y riñones. También se ha informado que se presenta irritación de la piel y de las membranas mucosas como resultado de la exposición al 1,1,1-tricloroetano. El valor de la LD<sub>50</sub> por vía oral para este compuesto en ratas está alrededor de 11 000 mg/kg.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

La toxicidad crítica del 1,1,1-tricloroetano para especies acuáticas es bastante baja, con una concentración de LC<sub>50</sub> para las especies de prueba más susceptibles de 52.8 mg/litro. Se han realizado estudios de toxicidad no crónica del 1,1,1-tricloroetano, así como para otros etanos clorados y las relaciones crónicas-agudas están en el ámbito de 2.8 a 8.7 mg/litro. El 1,1,1-tricloroetano se bioacumula ligeramente, con un factor de bioconcentración de estado estable de nueve y una eliminación de vida media de dos días. No existe información disponible en la literatura consultada acerca de la toxicidad del 1,1,1-tricloroetano para los animales silvestres y domésticos terrestres.

## Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

### Vida acuática

Los resultados disponibles no son suficientes para establecer un criterio. Sin embargo, la EPA reporta que los valores más bajos conocidos de los dos tricloroetanos (1,1,1 y 1,1,2) son tóxicos en animales acuáticos.

### Agua dulce:

Toxicidad crítica: 18 mg/litro

Toxicidad crónica: 8.4 mg/litro

**Agua salada:**

Toxicidad crítica: 31.2 mg/litro

Toxicidad crónica: Dato no disponible

**Salud humana**

Criterio: 18.4 mg/litro

Norma recomendada por NIOSH: 350 ppm (1910 mg/m<sup>3</sup>)/15 min nivel máximo

Norma OSHA: 350 ppm (1910 mg/m<sup>3</sup>) TWA

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 30 mg/l

**Medidas de protección personal**

El 1,1,1-tricloroetano ataca al caucho, por lo cual se recomienda el uso de ropa de protección de cuero, de alcohol polivinílico o de neopreno. En áreas donde hay altas concentraciones deben usarse máscaras que cubran toda la cara.

**Exposición ocupacional**

Recientemente el 1,1,1-tricloroetano se ha utilizado mucho como sustituto del tetracloruro de carbono. En su forma líquida se utiliza como desengrasante y para lavado en frío, lavado por inmersión y lavado de metales en depósito. Otros usos industriales del 1,1,1-tricloroetano incluyen su utilización en la limpieza en seco, como vapor desengrasante y como impelente.

**Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Desengrasantes

Desengrasantes de metales

Desmanchadores

Fabricantes de impelentes

Limpiadores de maquinaria

Trabajadores de tintorerías de limpieza en seco

## 1,1,2-TRICLOROETANO

### Resumen

El 1,1,2-tricloroetano provoca tumores en el hígado y feocromocitomas en ratones. Daña el hígado y riñones de perros.

Fórmula química:  $\text{CH}_2\text{ClCHCl}_2$

Nombre IUPAC: 1,1,2-Tricloroetano

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Tricloruro de vinilo, tricloruro de etano.

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 133.41 g/g mol

Punto de ebullición: 133.8°C

Punto de fusión: -36.5°C

Gravedad específica: 1.4397 a 20°C

Solubilidad en agua: 4500 mg/litro a 20°C

Solubilidad en sustancias orgánicas: Soluble en alcohol, éter, y cloroformo.

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 2.17

Presión de vapor: 19 mm Hg a 20°C

Densidad de vapor 4.63 g/cm<sup>3</sup>

### Transporte y destino

Probablemente la volatilización y subsecuentemente la foto-oxidación en la tropósfera son los procesos de transporte y destino principales para el 1,1,2-tricloroetano. Se pueden presentar sorción, bioacumulación y biodegradación a menor escala, pero estos procesos probablemente no son tan importantes para el transporte y destino del tricloroetano.

### Efectos sobre la salud

El 1,1,2-tricloroetano induce carcinomas hepatocelulares y feocromocitomas en la glándula suprarrenal de ratones machos y hembras, pero no produce un incremento significativo en la incidencia de tumores de ratas machos y hembras (NCI, 1977). No resultó mutagénico cuando se realizó el ensayo Ames. No se encontró información concerniente a la toxicidad reproductiva o de teratogenicidad del 1,1,2-tricloroetano. No

existen estudios crónicos sobre su toxicidad, pero dosis tan bajas como 400 mg/kg causan daños al hígado y riñones de perros. El valor LD<sub>50</sub> por vía oral para ratas es de 835 mg/kg.

## Toxicidad en animales domésticos y silvestres

Los valores críticos de  $LC_{50}$  para el 1,1,2-tricloroetano para organismos acuáticos de agua dulce están en el ámbito de 18 000 a 81 700  $\mu\text{g/litro}$ . Se realizó un ensayo crónico que indicó que la relación crónica-aguda para el 1,1,2-tricloroetano estaba alrededor de 8.7. No se encontró información de su toxicidad en especies de agua salada, animales silvestres terrestres y domésticos.

## Reglamentación y normas

Criterios en calidad del agua (USEPA):

### Vida acuática

Los resultados disponibles no son suficientes para establecer un criterio. Sin embargo, la EPA reportó que los valores más bajos conocidos son tóxicos en organismos acuáticos.

### Agua dulce:

Toxicidad crítica: 18000  $\mu\text{g/litro}$

Toxicidad crónica: 9400  $\mu\text{g/litro}$

### Agua salada:

Toxicidad crítica: Dato no disponible

Toxicidad crónica: Dato no disponible

### Salud humana

Se estima que los riesgos carcinógenos asociados con la exposición de un tiempo de vida de 1,1,2-tricloroetano en agua son:

Criterio:

Riesgo	Concentración
$10^{-5}$	6.0 $\mu\text{g/litro}$
$10^{-6}$	0.6 $\mu\text{g/litro}$
$10^{-7}$	0.06 $\mu\text{g/litro}$

Unidades de riesgo CAG (USEPA):  $5.7 \times 10^{-2} \text{ (mg/kg/día)}^{-1}$

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 1.2 mg/l

## Medidas de protección personal

Debe usarse ropa de protección y guantes. En áreas donde hay altas concentraciones de vapor deben utilizarse respiradores.

### **Exposición ocupacional**

El 1,1,2-tricloroetano se utiliza como intermediario químico y como disolvente, aunque su empleo no está tan difundido como el isómero, 1,1,1-tricloroetano.

### **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Fabricantes de disolventes

Sintetizadores de compuestos químicos orgánicos

# TRICLOROETILENO

## Resumen

El tricloroetileno causa daño por inhalación, provocando mareos y pérdida del sentido, también puede causar arritmia cardíaca y llevar a una muerte repentina. La exposición repetida puede causar fatiga, pérdida de memoria, dolor de cabeza, irritabilidad, confusión mental y depresión. Puede causar daño al hígado y riñones; puede quemar la piel y puede ser carcinógeno.

Fórmula química:  $C_2HCl_3$

Sinónimos: Acetileno, Tricloroetano, Triclorán Algilén

## Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 131.35 g/gmol

Punto de fusión:  $-73^{\circ}C$

Punto de ebullición:  $86.7^{\circ}C$

Punto de inflamación:  $89.6^{\circ}F$

Punto de congelación:  $-86.8^{\circ}C$

Presión de vapor: 100 mm de Hg

Densidad: 1.4649

## Transporte y destino

La distribución de tricloroetileno, se ha observado en varios ecosistemas, debido a sus propiedades físicas y químicas; por su alta presión de vapor a la temperatura ambiente se esperaría la presencia de altas concentraciones en la atmósfera, ésta se balancea con la solubilidad en agua; encontrándose en el agua, sedimentos y biota a través de partición o adsorción. La presencia del tricloroetileno en la atmósfera se demuestra por la rápida evaporación en el agua, esta evaporación tiene una vida media de 20 minutos a  $25^{\circ}C$ . El tricloroetileno se bioacumula; Pearson & Mc Connell (1975), han demostrado la presencia de este compuesto en organismos marinos sobre todo invertebrados ( $1 \mu g/kg$ ); en músculos de peces ( $10 \mu g/kg$ ); en huevos de aves marinas ( $50 \mu g/kg$ ). El estudio se realizó en áreas cercanas a plantas de producción de organoclorados. Peason & Connell analizaron muestras de animales marinos pero en una región alejada de la planta de producción de organoclorados, encontrando en los músculos de peces  $15 \mu g/kg$ ; en huevos de aves marinas  $2.4 \mu g/kg$ ; para *Phalacrocorax aristotelis* (cuervo marino), para *Alca torda*, *Uria aalge*, y *Rissa tridactyla* (gaviota), la concentración promedio es de  $30 \mu g/kg$ .

## **Efectos en la salud**

El tricloroetileno posiblemente irrita la piel y causa erupción cutánea o sensación de ardor. Los contactos prolongados pueden quemar y ampollar la piel. La exposición al vapor puede irritar los ojos, nariz, garganta y pulmones; niveles altos pueden causar edema pulmonar, esto puede causar la muerte.

La exposición prolongada puede causar aturdimiento, mareos, trastornos visuales, sentimiento de excitación, náusea y vómito. Niveles muy altos pueden causar arritmia cardíaca, pérdida del conocimiento y muerte. A largo plazo se pueden presentar alergias y agrietamientos a la piel expuesta. La inmersión repetida de las manos, puede causar parálisis de los dedos. Puede dañar los nervios faciales y causar parálisis, afecta al hígado y los riñones; puede causar cáncer, se ha comprobado que causa cáncer del hígado en los animales. Parece que existe una asociación entre la exposición a varios solventes (incluyendo el tricloroetileno y tolueno) y los defectos en niños recién nacidos, cuyas madres trabajan en la industria del calzado; también existen evidencias de que es teratogénico en los animales.

## **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

No hay información disponible al respecto.

## **Reglamentación y normas**

Norma OSHA: 50 ppm de exposición en el aire, durante 8 horas de trabajo.  
STEL: 200 ppm de exposición de corta duración.

Norma NIOSH: 25 ppm de exposición en el aire, durante 8 horas de trabajo.

Norma ACGIH: 50 ppm de exposición en el aire, durante 8 horas de trabajo.  
STEL: 200 ppm de exposición de corta duración.

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 0.5 mg/litro

No hay ningún nivel seguro de exposición a un carcinógeno; por la tanto todos los contactos deberían reducirse al nivel más bajo posible.

## **Medidas de protección**

Donde sea posible, limitar las operaciones a un lugar encerrado y usar ventilación de escape local en el lugar de las emisiones químicas. Se recomienda usar ropa de trabajo que le proteja y guantes. Lávarse muy bien después de exponerse al tricloroetileno y al término de su turno de trabajo. En áreas donde la concentración de vapores es excesiva, es necesario el uso de máscaras que cubran toda la cara.

## **Exposición ocupacional**

El tricloroetileno se utiliza sobre todo como disolvente en el desengrasado por vapor. También se usa para extraer la cafeína del café, como agente de limpieza en seco y como intermediario químico en la producción de plaguicidas, ceras, gomas, resinas, alquitranes, pinturas, barnices y compuestos específicos como el ácido cloroacético.

## **Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición**

Barnizadores  
Cementadores del caucho  
Descnrasantes  
Desnicotinizadores del tabaco  
Elaboradores de grasas  
Fabricantes de anestésicos  
Fabricantes de colorantes  
Fabricantes de desinfectantes  
Fabricantes de disolventes  
Fabricantes de jabones  
Fabricantes de medicamentos  
Fabricantes de perfumes  
Fabricantes de zapatos  
Impresores  
Limpiadores de equipo electrónico  
Limpiadores de metales  
Limpiadores de textiles  
Limpiadores de vidrios  
Mecánicos  
Procesadores de aceites  
Procesadores de cafeína  
Trabajadores de resinas  
Trabajadores de tintorerías de limpieza en seco

## 2,4,5-TRICLOROFENOL

### Resumen

El 2,4,5-Triclorofenol (2,4,5-TCP) promueve la formación de tumores en la epidermis de ratones. Adicionalmente, aún cuando el 2,4,5-triclorofenol no ha sido probado en un bioensayo carcinogénico completo, se ha encontrado que el 2,4,6-triclorofenol es carcinogénico en ratones y ratas. Dosis orales de 2,4,5-TCP causaron lesiones al hígado y riñones de ratas y conejos. El 2,4,5-TCP de grado técnico algunas veces se contamina con las altamente tóxicas dibenzo p-dioxinas policloradas, las cuales pueden incrementar significativamente la toxicidad del material.

Fórmula química:  $C_6H_2Cl_3OH$

Nombre IUPAC: 2,4,5-Triclorofenol

Sinónimos importantes y nombres comerciales: Dowicida 2, dowicida B, preventol I

### Propiedades físicas y químicas

Peso molecular: 197.5 g/g mol

Punto de ebullición: 253°C (sublima)

Punto de fusión: 68-70.5°C

Gravedad específica: 1.678 a 25°C

Solubilidad en el agua: 1 200 mg/litro a 25°C

Solubilidad en sustancias orgánicas: Soluble en alcohol, solventes orgánicos y ligroína

Coefficiente de partición Log octanol/Agua: 3.7

Presión de vapor: 1 mm Hg a 72°C

pKa: 7.0

### Transporte y destino

Existe muy poca información disponible del transporte y destino en el ambiente del 2,4,5-triclorofenol; sin embargo, existe alguna información concerniente al 2,4,6-triclorofenol, el cual puede actuar en forma similar. El 2,4,6-triclorofenol tiene una presión de vapor baja (1 mm Hg a 76.5°C), análogamente al 2,4,5-triclorofenol y es improbable que se volatilice del agua. La foto-oxidación del 2,4,6-triclorofenol ocurre en la presencia de un electrón aceptor y se forman la 2,6-diclorobenzoquinona y la 2,6-diclorohidroquinona. Se ha notificado la degradación microbiana del 2,4,6-triclorofenol. En un número de muestras de suelo, la degradación completa del compuesto ocurre de 1 a 9 días y la acción microbiana y los lodos aclimatados degradan completamente el compuesto en 5 días. Sin embargo, existe una información que indica que el 2,4,5-triclorofenol es resistente a la degradación por ciertos microorganismos del suelo, posiblemente debido a que en la molécula hay un átomo de cloro meta-sustituido. De este modo, el destino del 2,4,5-triclorofenol en suelo puede diferir del 2,4,6-triclorofenol.

## **Efectos sobre la salud**

Aún cuando el 2,4,5-triclorofenol no ha sido probado para determinar su carcinogenicidad, el bioensayo NCI en el 2,4,6-triclorofenol fue positivo para ratas y ratones. El 2,4,5-triclorofenol dio resultados negativos en el ensayo de mutagenicidad de Ames, pero se ha encontrado que promueve la formación de papilomas en la piel de ratones pretratados con el iniciador dimetilbenzoantraceno.

McCollister et al. (1961) condujo un número de estudios críticos y subcrónicos de la toxicidad del 2,4,5-triclorofenol en ratas y conejos. El valor oral crítico de LD<sub>50</sub> del 2,4,5-triclorofenol fue aproximadamente de 3 000 mg/kg en las ratas. Ratas tratadas 18 veces en 24 días con dosis en el intervalo de 30 a 1 000 mg/kg no mostraron efectos adversos. Ratas suministradas con dietas con dosis diarias de 300 y 1000 mg de 2,4,5-triclorofenol por kilogramo de peso por 98 días presentaron efectos en el hígado y riñones, los cuales fueron relacionados con dichas dosis. Las ratas a las que se dieron las dosis más bajas no mostraron ningún efecto relacionado con el compuesto. Los conejos administrados con dosis orales de 10 a 500 mg/kg por 28 días exhibieron lesiones renales leves, y a 500 mg/kg lesiones en el hígado.

Estudios in vitro de los efectos del 2,4,5-triclorofenol en la fosforilación oxidativa mitocondrial mostraron que causa una desconexión completa. La concentración del 2,4,5-triclorofenol que produce una inhibición del 50% de la producción del ATP en mitocondria aislada es 6 veces menor que la concentración de 2,4,6-triclorofenol.

Cuando se consideran los efectos sobre la salud del 2,4,5-triclorofenol se debe recordar que el compuesto de grado técnico está contaminado con dibenzo p-dioxinas policloradas, incluyendo dibenzo p-dioxina 2,3,7,8 tetraclorada la cual es un tóxico fuerte y produce un gran número de efectos a la salud en animales experimentales.

## **Toxicidad en animales domésticos y silvestres**

Se encontró que el 2,4,5-triclorofenol es un tóxico agudo a las especies acuáticas de agua salada, camarón y pez sargo después de una exposición de 96 horas a concentraciones de 3 830 y 1 660 µg/litro, respectivamente. No se cuenta con información disponible sobre la toxicidad crónica en organismos acuáticos para el 2,4,5-triclorofenol.

## **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: 2.6 mg/litro

Criterio organoléptico: 1.0 µg/litro

Norma Técnica Ecológica Mexicana: 400 mg/l

### Medidas de protección

Generales: Aislar el área de peligro, mantenerse contra el viento, mantener a las personas innecesarias alejadas, mantenerse alejado de las áreas bajas.

Ropa de protección: Utilizar mascarilla de respiración autónoma y ropa de protección especial.

### Exposición Ocupacional

No hay información disponible al respecto.

### Lista parcial de ocupaciones con riesgo de exposición

No hay información disponible al respecto.

## GLOSARIO

ACGIH: Confederación Industrial Americana Gubernamental de Higiene.

CAG: Grupo de Evaluación de Carcinógenos.

Coefficiente de partición Log Octanol/Agua: Es el logaritmo de la relación de la cantidad de la sustancia química que se disolverá totalmente en n-octanol con respecto a la cantidad que se disolverá en agua.

EPA: Agencia de Protección Ambiental.

Exposición: Se da cuando un individuo está en contacto con alguna sustancia.

Exposición crónica: Se refiere a una exposición logarítmica en el tiempo, exposiciones repetidas o largos períodos de tiempo entre la exposición y el daño.

LC<sub>50</sub>: Concentración de sustancia inhalada que produce efectos tóxicos en el 50% de la población de animales en experimentación.

LD<sub>0</sub>: Dosis de sustancia que no produce efectos tóxicos.

LD<sub>50</sub>: Dosis de sustancia con la cual se observan efectos tóxicos en el 50% de los animales en experimentación, por ingestión o contacto dérmico.

NIOSH: Instituto Nacional de Salud y Enfermedad Ocupacional.

OSHA: Administración Ocupacional de Salud y Enfermedad.

Períodos cortos: Se refiere a exposiciones de una semana o menos.

Períodos subcrónicos: Se refiere a exposiciones cercanas a tres meses.

Presión de vapor: La presión expresada en mm Hg, a la cual la fase de vapor de la sustancia química alcanza el equilibrio con el sólido o líquido.

Punto de ebullición: La temperatura en grados centígrados a la cual la presión de vapor del compuesto es igual a la presión atmosférica.

Punto de fusión: La temperatura en grados centígrados a la cual un compuesto químico cambia del estado sólido al líquido a la presión atmosférica.

Punto de inflamación: La temperatura a la cual un líquido o sólido arde.

ppm: Partes por millón.

**Solubilidad en agua:** La cantidad máxima de sustancia química que se disuelve totalmente en agua a una temperatura dada.

**Solubilidad en sustancias orgánicas:** Es una propiedad de la sustancia química para disolverse en algún compuesto orgánico específico a una temperatura dada.

## BIBLIOGRAFIA

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 1980. "Documentation of the threshold limit values". 4Th Ed. Cincinnati, Ohio.

Bailey, G.W. et al., "The degradation kinetics of an ester of silvex and the persistence of silvex in water". *Weed Science* 18:413-418., 1970.

Bleavins, M.R., R.J. Aurelich y R.K. Ringer, 1984. "Effects of chronic dietary hexachlorobenzene exposure on the reproductive performance and survivability of mink and European ferrets". *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 13:357-365.

Boutwell, R.K. y D.K. Bosch, 1959. "The tumor-promoting action of phenol and related compounds for mouse skin". *Cancer Res.* 19:413-424.

Cabral, J.R.P. et al., "Carcinogenic activity of hexachlorobenzene in hamsters". *Nature* 269:510-511., 1977.

Clement Associates. Inc., 1983. "Assessment of the Weight of Evidence for Risk Assessment for Four Selected Toxic Air Pollutants". Report Prepared for the Air Economic Branch, OPRM, U.S. Environmental Protection Agency. May 1983.

Clement Associates. Inc., 1985. "Chemical, physical and biological properties of compounds present at hazardous waste sites", Environmental Protection Agency, Bedford, Massachusetts, EUA.

Courtney, K.D., M.F. Copeland y A. Robbins, 1976. "The effects of pentachloronitrobenzene, hexachlorobenzene, and related compounds on fetal development". *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 35:239-256.

Courtney, K.D., 1979. "Hexachlorobenzene (HCB)": A review. *Environ. Res.* 20:225-226.

Earl, F.L., E. Miller y E.J. Van Loon, 1973. "Reproductive teratogenic, and neonatal effects of some pesticides and related compounds in beagle dogs and miniature swine". In Deichmann, W.B., ed. *pesticides and Environmental: Continuing Controversy. Papers of the 8th Inter-America Conference on Toxicology and Occupational Medicine.* Stratton, New York. Vol. 2.

Gehring, P.J., 1980. "Direct testimony of Dr. Perry J. Gehring. In Re: The Dow Chemical Company et al. (2,4,5-T and silvex cancellation hearing)". Exhibit 912. FIFRA Docket No. 415 et al. U.S. Environmental Protection Agency.

Grant, D.L., W.E.J. Phillips y G.V. Hatina, 1977. "Effect of hexachlorobenzene on reproduction in the rat". *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 5:207-216.

Hoare, D.E. y D.A. Whytock, 1967. "Photooxidation methyl ethyl ketone vapor". *Can. J. Chem.* 45:2741-2748.

Iatropoulos, M. W. et al., "Morphological effects of hexachlorobenzene toxicity in female rhesus monkeys". *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 37:433-444., 1976.

International Agency for Research on Cancer (IARC). 1979. "IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans". Vol.20: Some halogenated hydrocarbons. World Health Organization, Lyon, France. 408-415.

International Agency for Research on Cancer (IARC), 1982. "IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans". Volume 29: Some Industrial Chemicals and Dyestuffs. World Health Organization, Lyon, France.

Irving Sax and Lewis R, 1986. "Rapid guide to hazardous chemicals in the workplace". Van nostrand rainhold company, NEW YORK, EUA.

Khera, K.S., 1974. "Teratogenicity and dominant lethal studies on hexachlorobenzene in rats". *Food Cosmet. Toxicol.* 12:471-477

National Cancer Institute (NCI). 1977. "Bioassay of 1,1,1-trichloroethane for possible carcinogenicity". CAS No. 71-55-6. NCI Carcinogenesis Technical Report Series No. 3. Washington, D.C. DHEW Publication No. (NIH) 77-803.

National Cancer Institute (NCI). 1979. "Bioassay of thoxaphene for possible carcinogenicity". CAS No. 8001-35-2. NCI Carcinogenesis Technical Report Series No. 37. Washington, D.C. DHEW Publication No. (NIH) 79-837.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1983. "Registry of Toxic Effects of Chemical Sustances". Data Base. Washington, EUA, D.C. October 1983.

National Toxicology Program (NTP), 1984. "Annual Plan for Fiscal Year 1984". Research Triangle Park, N.C. DHHS Public Health Service. NTP-84-023.

National Toxicology Program (NTP), 1984. "NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Methylene Chloride" (CAS No. 75-09-2) In F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Inhalation Studies) NTP Technical Report No. 291. Research Triangle Park, North Carolina. USDHHS (NIH) Publication No. 85-2562.

Organización Panamericana de la Salud,. "Enfermedades ocupacionales", Guía para su diagnóstico. Publicación científica # 480. Washigton, EUA.

Percira Bastos y Nefussi, 1986. "Aspectos toxicológicos de agentes químicos", Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. OPS/OMS. Metepec, México.

Plunketti M. D, 1974. "Handbook of industrial toxicology". Traducido por Maroto Muñoz, 1974. Ediciones URMOS.A.,Madrid, España.

Roger D. Griffin, 1990. "Principles of hazardous materials management", Lewis publishers, EUA.

Rowley, M.H. et al., "Use of small mammals (voles) to assess a hazardous waste site at Love Canal, Niagara Falls, New York". Arch. Environ. Contam. Toxicol. 12:383-397., 1983.

Schwetz, D.A., B.K.J. Leong y P.J. Gehring, 1974. "Embryo and Fetotoxicity of inhaled carbon tetrachloride, 1,1-dichloroethane and methyl ethyl ketone in rats". Toxicol Appl. Pharmacol. 28:452-464.

Takenaka, S. et al., "Carcinogenicity of Cadmium Chloride aerosols in rats". JNCI 70:367-371., 1983.

Touza Pulido y Col, 1988. "Manual práctico de toxicología". Ed. Ciencias Médicas.

Turnbull, H., J.G. Demann y R.F. Weston, 1954. "Toxicity of varios refinery waste materials to freshwater fish". Ind. Eng. Chem. 46:324

USEPA, 1979. "Water Related Enviromental Fate of 129 Priority pollutants". Washington, D.C. December 1979. EPA 440/4-79-029.

USEPA, 1980. "Ambient Water Quality Criteria for Chloroform". Office of Water Regulations and Standards, Criteria and Standards Division, Washington, EUA. D.C. October 1980. EPA 440/5-80-033.

USEPA, 1985. "Health Assessment Document for Chloroform". Office of Health and Environmental Assessment, Washington, EUA D.C. September 1985. EPA 600/8-84/004F.

USEPA, 1991. "Health Assessment Document for Cadmium". Environment Criteria and Assessment Office. Research Triangie Park, North Carolina, EUA. October 1981. EPA 600/8-81-023.

Wallen, I.E., W.C. Greer y R. Lasater, 1957. "Toxicity to *Gambusia affinis* of certain pure chemicals in turbid waters". Sewage Ind. Wastes 29:295711

West, I.,1967. "Lindane and hematologic reactions". Arch. Environ. Health 15:97-101.

## TITULOS PUBLICADOS

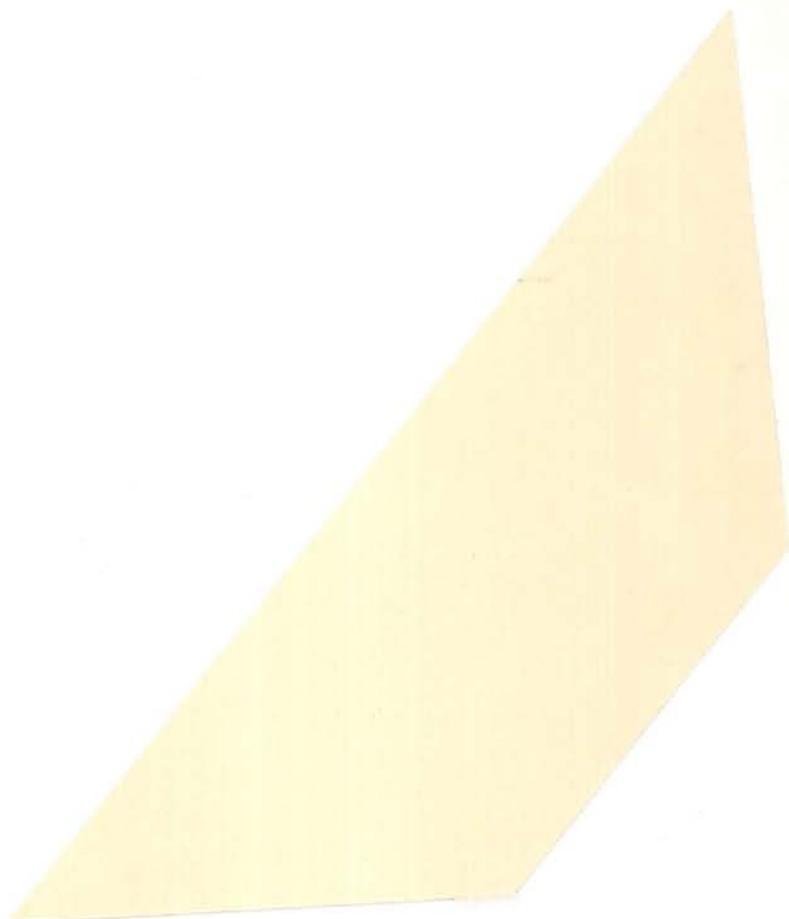
**BASES DE DATOS PARA LA ESTIMACION DE RIESGO SISMICO EN LA CIUDAD DE MEXICO;** Coordinación de Investigación; Area de Riesgos Geológicos; M. Ordaz, R. Meli, C. Montoya-Dulché, L. Sánchez y L.E. Pérez-Rocha.

**TRANSPORTE, DESTINO Y TOXICIDAD DE CONSTITUYENTES QUE HACEN PELIGROSO A UN RESIDUO;** Coordinación de Investigación; Area de Riesgos Químicos; Ma. E. Arcos, J. Becerril, M. Espíndola, G. Fernández y Ma. E. Navarrete.

**PROCESOS FISICOQUIMICOS PARA ESTABILIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS;** Coordinación de Investigación; Area de Riesgos Químicos; M. Y. Espíndola y G. Fernández.

**MODELO LLUVIA - ESCURRIMIENTO;** Coordinación de Investigación; Area de Riesgos Hidrometeorológicos; R. Domínguez, M. Jiménez, F. García y M.A. Salas

**REFLEXIONES SOBRE LAS INUNDACIONES EN MEXICO;** Coordinación de Investigación; Area de Riesgos Hidrometeorológicos; R. Domínguez, M. Jiménez, F. García y M. Jiménez, F. García y M.A. Salas.



CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

AV. DELFIN MADRIGAL N° 665, COL. PEDREGAL SANTO DOMINGO,  
DELEGACION COYOACAN, MEXICO, D.F., C.P. 04360

TELEFONOS: 606-98-37, 606-97-39, 606-99-82  
FAX: 606-16-08