

**Secretario de Gobernación**

Dr. Jorge Carpizo McGregor

**Subsecretaria 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 Cicero 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

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*

Marzo - 1994, No. 2

## **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 Cicero Betancourt, COORDINACIÓN DE ENLACE NACIONAL Lic. Alberto Ruiz de la Peña, COORDINACIÓN DE ASUNTOS INTERNACIONALES Lic. Enrique Solorzano 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
PENTAACLOROFENOL .....	120
PIRIDINA .....	123
PLATA .....	125
PLOMO .....	129
SELENIO .....	134
1,1,2-TETRAACLOROETANO .....	138
TETRAACLOROETILENO .....	142

TETRACLORURO DE CARBONO .....	145
TOLUENO .....	149
TOXAFENO .....	151
1,1,1-TRICLOROETANO .....	155
1,1,2-TRICLOROETANO .....	158
TRICLOROETILENO .....	161
2,4,5-TRICLOROFENOL .....	164
GLOSARIO .....	167
BIBLIOGRAFIA .....	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 recopilieron, 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 pospuestos 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 tiroides; 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 Amcs, 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 bránquia 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-TP 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.

Coefficiente 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 si 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 kg/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<sub>50</sub> de 7 550 µg/litro para 48 horas. Para peces de agua dulce los valores de EC<sub>50</sub> son de 11 800 µg/litro para branquia azul, para peces lerdos es de 18100 µg/litro y para guppies (pez oriundo de Venezuela) el valor es de 33 500 µg/litro. Se conocen valores para pez lerdo de LC<sub>50</sub> de 2 600 µg/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 µg/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 <sup>-5</sup>	0.58 mg/litro
10 <sup>-6</sup>	0.058 µg/litro
10 <sup>-7</sup>	0.006 µg/litro

Unidades de riesgo CAG (USEPA): 0.24 (mg/kg/día)<sup>-1</sup>

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 nitrato 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  $\mu\text{g}/\text{litro}$

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):  $50 \mu\text{g}/\text{litro}$ .

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

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

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

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

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  
Taxidermistas  
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