PISSQ PROGRAMA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Guía para la Salud y la Seguridad No. 28

FOSFINA Y FOSFUROS METÁLICOS SELECCIONADOS

GUÍA PARA LA SALUD Y LA SEGURIDAD

Este es un volumen que acompaña a la publicación
"Environmental Health Criteria 73: Phosphine and Selected Metal Phosphides"
(Criterios de Salud Ambiental 73: Fosfina y Fosfuros Metálicos Seleccionados)

CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGÍA HUMANA Y SALUD
PROGRAMA DE SALUD AMBIENTAL
ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

Metepec, Estado de México, MÉXICO
1993

ISBN 92 75 37055 9

(traducción)

La traducción de esta Guía se realizó bajo el patrocinio del Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (PISSQ), con un apoyo financiero otorgado por el "National Institute of Environmental Health Sciences" (Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental) de los Estados Unidos de América

Título original en inglés:

Phosphine and Selected Metal Phosphides. Health and Safety Guide
Health and Safety Guide No. 28
ISBN 92 4 154349 3
ISSN 0259-7268

© World Health Organization 1989

Publicado por la Organización Mundial de la Salud para el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (un programa de colaboración entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud).

Correción Técnica: Ana Rosa Moreno
Corrección Editorial: Elvia Lara

CONTENIDO

Página

INTRODUCCIÓN 5

1. IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO 7

1.1 Identidad 7
1.2 Propiedades físicas y químicas 8
1.3 Métodos analíticos 10
1.4 Producción y usos 10

2. RESUMEN Y EVALUACIÓN 12

2.1. Exposición humana a la fosfina y a los fosfuros metálicos 12
2.2 Destino en el ambiente 12
2.3 Captación, metabolismo y excreción 12
2.4 Efectos en los organismos del ambiente 13
2.5 Efectos en los animales y en los seres humanos 13

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 15

4. PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA 16

4.1 Principales peligros para la salud del hombre, prevención y protección, primeros auxilios 16
4.1.1 Asesoría para médicos 16
4.1.2 Asesoría para la vigilancia de la salud 17
4.2 Peligros de explosión e incendio 17
4.3 Almacenamiento 18
4.4 Transporte 18
4.5 Derrames y eliminación 18

5. PELIGROS PARA EL AMBIENTE Y SU PREVENCIÓN 20

6. TARJETA INTERNACIONAL SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS 21

7. REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES 27

7.1 Valores límite de exposición 27
7.2 Restricciones específicas 27
7.3 Etiquetado, embalaje y transporte 28

BIBLIOGRAFÍA 34

INTRODUCCIÓN

Los documentos de los Criterios de Salud Ambiental (CSA) a cargo del Programa Internacional sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas incluyen una evaluación de los efectos en el medio ambiente y en la salud del ser humano por la exposición a una sustancia o a una combinación de sustancias, o bien a agentes físicos o biológicos. Estos documentos también proporcionan guías para establecer los límites de exposición.

El propósito de una Guía para la Salud y la Seguridad es el facilitar la aplicación de estas guías en programas nacionales de seguridad química. Las tres primeras secciones de la Guía para la Salud y la Seguridad destacan la información técnica relevante en el CSA correspondiente. La sección 4 incluye la asesoría sobre medidas preventivas y de protección, así como acciones de emergencia; los trabajadores del área de la salud deberán familiarizarse a fondo con la información médica para asegurar una actuación eficiente ante una emergencia. En la Guía, hay una Tarjeta Internacional sobre la Seguridad de la Sustancias Químicas que debe ser de fácil acceso y explicarse con claridad a todos los que puedan tener contacto con la sustancia. La sección sobre la información reglamentaria fue extraída del archivo legal del "Registro International de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas" (IRPTC, siglas en inglés) y de otras fuentes de las Naciones Unidas.

Este documento está dirigido a los profesionales de los servicios de salud ocupacional, a aquellos que trabajan en los ministerios y agencias gubernamentales, industrias y sindicatos, y que están preocupados por el uso seguro de las sustancias y por evitar peligros de salud ambiental, así como a quien desee mayor información sobre este tema. Se ha tratado de utilizar terminología que sea familiar al lector potencial; no obstante, las secciones 1 y 2 incluyen inevitablemente algunos términos técnicos. Se proporciona una bibliografía para los lectores que requieran mayor información básica.

Se llevará a cabo, en el momento preciso, la revisión de la información contenida en esta Guía para la Salud y la Seguridad, siendo la meta final el uso de terminología estandarizada. Nos serán muy útiles sus comentarios sobre cualquier dificultad que haya usted tenido al utilizar la guía y deberán enviarse a:

The Manager
International Programme on Chemical Safety
Division of Environmental Health
World Health Organization
1211 Geneva 27
Switzerland

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTA GUÍA DEBERÁ CONSIDERARSE COMO EL PUNTO INICIAL DE UN PROGRAMA COMPLETO DE SALUD Y SEGURIDAD

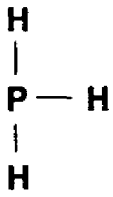
1. IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

1.1 Identidad

Fosfina

Fórmula química: PH_3

Fórmula estructural:



Sinónimos comunes: Fosfuro de hidrógeno, fósforo trihídrico, hidrógeno fosforado, fosfano

Número de registro del CAS: 7803-51-2

Número de registro de RTECS: SY7525000

Número de Naciones Unidas: UN 2199

Factor de conversión: 20 °C, 1 ppm = 1.41 mg/m^3 y 1 mg/m^3 = 0.71 ppm, aproximadamente

Fosfuros metálicos

Nombre:	difosfuro tri-zínquico	fosfuro de aluminio	difosfuro trimagnésico
Fórmula química:	Zn_3P_2	AlP	Mg_3P_2
Fórmula estructural:	Zn=P-Zn-P=Zn	Al=P	Mg=P-Mg-P=Mg
Sinónimos comunes:	Fosfuro de zinc		Fosfuro magnésico

IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

Número de registro del CAS:	1314-84-7	20859-73-8	12057-74-8
Número de RTECS:	ZH4900000	BD1400000	OM4200000
Número de Naciones Unidas:	1714	1397/3048	2011

Nombres comerciales y presentaciones

	Nombre comercial registrado	*Presentación*
Fosfuro de aluminio	Alutal	
	Celfide	Tabletas
	Celfine	Tabletas
	Celfos	Tabletas
	Delicia Gastoxin	
	Detia Gas-Ex-B	Bolsas
	Detia Gas-Ex-P	Píldoras
	Detia Gas-Ex-T	Tabletas
	L-fume	Tabletas
	Fosfume	Píldoras y tabletas
	Fostek	Píldoras y tabletas
	Fostoxin	Píldoras, Tabletas, "Prepacs", bolas y tiras
	Quickfos	Píldoras y tabletas
	Zedesa	Bolsas, píldoras y tabletas
Fosfuro de magnesio	Detiafos	Píldoras
	Mag-disc	Placas
	Magtoxin	Píldoras, tabletas y bolas

1.2 Propiedades Físicas y Químicas

La fosfina es un gas incoloro a temperatura ambiente y presión atmosférica normal. Es inoloro cuando es puro en concentraciones de hasta 282 mg/m^3 (200 ppm), nivel altamente tóxico. El olor aliáceo de la fosfina técnica depende de la

presencia de impurezas odoríferas y suele ser detectable en concentraciones en la escala de 0.14 a 7 mg/m^3. La temperatura de autoignición de la fosfina pura es de 38 °C, pero la presencia de impurezas, en particular de difosfina (PH_2-PH_2), causa con frecuencia que el producto técnico se inflame espontáneamente a temperatura ambiente y forme mezclas explosivas con el aire en concentraciones superiores a 1.8%. La oxidación de la fosfina produce agua y óxidos u oxiácidos de fósforo.

La fosfina es escasamente soluble en agua (alrededor del 2.5% v/v aproximadamente a 20 °C) pero es soluble a 2.5 - 15% v/v en la mayor parte de los disolventes orgánicos a temperatura ambiente. Tiene una absorción ultravioleta intensa en la región de 185 a 250 nm. La fosfina es corrosiva para los metales, en particular para el cobre y sus aleaciones. Durante la fumigación puede dañarse gravemente el equipo eléctrico y de otro tipo. El contacto con superficies calientes en ausencia de oxígeno causa que la fosfina se desintegre a fósforo e hidrógeno.

El difosfuro trimagnésico y el fosfuro de aluminio se hidrolizan con facilidad en agua para dar fosfina:

$$2AlP + 6H_2O = 2PH_3 + 2Al(OH)_3$$

$$Mg_3P_2 + 6H_2O = 2PH_3 + 3Mg(OH)_2$$

El fosfuro de zinc se hidroliza en ambientes ácidos:

$$Zn_3P_2 + 6H^+ = 2PH_3 + 3Zn^{++}$$

La fosfina técnica puede contener hasta 5% de difosfina y otras impurezas tales como metano, fosfina metílica y arsina. Para uso en la industria electrónica, la fosfina puede comprimirse como una mezcla con nitrógeno. La fosfina liberada de las preparaciones fumigantes puede contener amoníaco.

El fosfuro zínquico a granel suele tener una pureza del 80%, el resto consiste principalmente en óxido de zinc, zinc metálico y fósforo rojo. Las pastas que se incorporan en cebos para usarlos como rodenticidas suelen contener 2.5% ó 5% del ingrediente activo. Las preparaciones comerciales para fumigación contienen, en general, como ingrediente activo alrededor de 57% de fosfuro de aluminio, o bien 34% de difosfuro trimagnésico.

IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

1.3 Métodos Analíticos

La cromatografía de gases es el método más sensible para la determinación del contenido de fosfina en las muestras de aire. En general, las muestras se desabsorben de un absorbente sólido cubierto con cianuro de mercurio (II), aunque pueden utilizarse las muestras obtenidas con jeringas, sacos para gases o tonómetros. La sensibilidad depende del tipo de detector.

Es posible determinar los niveles de fosfina en el aire capturándola por absorción o reacción, para más tarde analizar la muestra desadsorbida o reactiva con cloruro de mercurio (II), seguido por la adición de yoduro de potasio y después por un exceso de solución de yodo estándar. Para cuantificar la fosfina se emplea la titulación retrógrada del exceso de yodo con tiosulfato.

Alternativamente, el cianuro de mercurio (II) sobre sílice gelatinosa recoge fosfina cuantitativamente y mantiene el 80% de la fosfina en almacenamiento durante dos semanas. La fosfina se libera por medio de un análisis cromatográfico de gases al tratarla con una solución de bromohidruro sódico alcalino, o bien se oxida (utilizando una solución caliente de permanganato ácido) a fosfato, el cual se mide por medio de la técnica colorimétrica del fosfomolibdato.

La impregnación líquida por burbujeo de diversas soluciones puede utilizarse para recoger y emplear la fosfina como reactivo para su cuantificación por colorimetría/espectrofotometría, por conductancia o por titulación potenciométrica. Las técnicas colorimétricas clásicas son el desarrollo del complejo rojo-naranja con dietilditiocarbamato de plata, que puede medirse a 465 nm, o bien la oxidación por permanganato a fosfato que entonces se reactiva con una solución de molibdato de amonio en ácido sulfúrico concentrado, se extrae con tolueno-isobutanol, se reduce con cloruro de estaño (II), y se mide como el complejo de fosfomolibdato a 625 nm. El primer método sufre de la interferencia de la arsina y el segundo mide también cualquier especie de fósforo que se oxide a fosfato por el tratamiento de ácido oxálico/permanganato.

1.4 Producción y Usos

La fosfina se fabrica por la hidrólisis de fosfuros metálicos, por la electrólisis del fósforo en presencia de hidrógeno, o bien por la reacción de fósforo y vapor. Se produce incidentalmente por la hidrólisis de impurezas en carburo de calcio, ferrosilicio y hierro grafitado esferoidal. Los fosfuros metálicos se producen por la reducción de fosfatos, por una reacción directa entre el metal y el vapor de fósforo o el fósforo amorfo, o bien por una reacción de intercambio entre el metal y otro fosfuro metálico.

IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

La fosfina se utiliza en la síntesis de las organofosfinas y de los derivados del fosfonio orgánico y como tratamiento previo ("dopant"*) en la manufactura de semiconductores. Los fosfuros de aluminio o de magnesio se emplean como formulaciones preparadas para la fumigación en el control de plagas, y el fosfuro de zinc, en polvo o pasta se usa como rodenticida.

* Nota del traductor: una impureza añadida usualmente en cantidades insignificantes a una sustancia pura para alterar sus propiedades.

2. RESUMEN Y EVALUACIÓN

2.1 Exposición Humana a la Fosfina y a los Fosfuros Metálicos

Puede ocurrir exposición cutánea, ocular o del tracto respiratorio. Es posible que aparezca una leve irritación de las membranas mucosas, pero la absorción importante ocurre por vía pulmonar. Los fosfuros metálicos y sus preparaciones pueden ingerirse accidentalmente o por intento suicida. En las situaciones ocupacionales en las que se produce fosfina en forma deliberada o en las que se sabe que esto sucede, las prácticas laborales seguras pueden reducir la exposición a niveles bajos. En muchos países, la fumigación y los productos de reingreso están reglamentados para evitar la exposición. Una exposición ocupacional a niveles tóxicos ha ocurrido en las circunstancias en las que se produce fosfina incidentalmente. Han sido expuestos miembros de la comunidad como resultado de las fugas de las bodegas fumigadas o de las calas de barcos o barcazas. Puede haber una exposición por el consumo de productos alimenticios fumigados.

2.2 Destino en el Medio Ambiente

La fosfina liberada en la atmósfera reacciona principalmente con el radical OH para formar POH; los productos finales serán agua y oxiácidos fosfóricos. La fosfina es removida también del aire por los suelos para oxidarse posteriormente a ortofosfato. El fosfuro de zinc desaparece de los abonos con un contenido de agua del 50% o más, en menos de cinco semanas, y la mayor parte puede recuperarse como ortofosfato.

2.3 Captación, Metabolismo y Excreción

La fosfina se absorbe con facilidad por los pulmones y produce síntomas iniciales en el cerebro y en el hígado, lo que sugiere que se distribuye rápidamente por lo menos a estos órganos. Después de una exposición pico, la fosfina se excreta en el aire espirado y parte se oxida a iones de fosfito e hipofosfito, que son eliminados en la orina. Los fosfuros metálicos se pueden hidrolizar para producir fosfina, la cual puede ser absorbida a través del intestino después de su ingestión. Se ha demostrado que parte del fosfuro zínquico llega intacto al hígado y a los riñones después del ingreso y se hidroliza lentamente en los tejidos a fosfina y sales zínquicas. La hidrolisis de los fosfuros metálicos sobre la piel pudiera llevar a la emisión de fosfina gaseosa, que entonces podría ser absorbida por inhalación. Ocurre poca absorción percutánea de fósfuros metálicos.

2.4 Efectos en los Organismos del Medio Ambiente

La fosfina no está presente de manera normal en el medio ambiente y la que se libera, se diluye con rapidez y se oxida más tarde, de manera que sus efectos son mínimos. La fosfina y los fosfuros metálicos se liberan premeditadamente en lugares restringidos con el propósito de eliminar ciertas plagas. Se ha demostrado que la fosfina es eficaz contra muchas especies de artrópodos, aunque la susceptibilidad puede variar en las diferentes etapas del desarrollo. En general, las larvas son más susceptibles que los adultos; las ninfas tienden a serlo menos y los huevos lo son mucho menos. Las larvas en período de letargo pueden ser relativamente resistentes. Se pueden colocar cebos de fosfuro de zinc para plagas de roedores y el efecto en las especies no blanco puede reducirse al conocer sus hábitos y trayectorias, o bien al utilizar preparaciones de fosfuro magnésico o de aluminio en las madrigueras de las especies de plagas blanco. Se ha demostrado que los animales que mueren por los fosfuros metálicos no son tóxicos para los que se alimentan de carroña.

2.5 Efectos en los Animales y en los Seres Humanos

La CL_{50} de cuatro horas para la fosfina en las ratas es de 15 mg/m^3. Los valores de DL_{50} oral citados para el fósfuro de zinc en la rata se encuentran entre 30 y 40 mg/kg de peso corporal.

La exposición aguda a la fosfina produce efectos similares en el hombre y en los animales. Las concentraciones de casi 3 000 mg/m^3 (2 000 ppm) son rápidamente fatales; las de alrededor de 700 mg/m^3 (500 ppm) causan la muerte en 0.5-1 hora; las aproximadas a 200 mg/m^3 (150 ppm) producirán efectos serios después de 0.5-1 hora; y las de casi 10 mg/m^3 no tienen efectos graves con la misma duración de exposición. La característica patológica predominante en casos fatales agudos es el edema pulmonar. Los casos no letales graves se quejan de dolor y de opresión en el pecho. Las anormalidades neurológicas incluyen cefalea, vértigo, temblores, así como marcha inestable, y pueden progresar a convulsiones, coma y muerte; los signos y síntomas pueden imitar la intoxicación alcohólica. Los síntomas gastrointestinales incluyen pérdida del apetito, sed, náusea, vómito, diarrea, dolor epigástrico e ictericia; otros efectos descritos incluyen púrpura trombocitopénica e hipotensión.

Aunque la fosfina por sí misma no es acumulativa, sus efectos parecen serlo, de manera que la dosis letal de fosfina inhalada tras un tratamiento de varios días con exposiciones y subletales breves es inferior que en animales sin pretratamiento. En los seres humanos han ocurrido muertes como resultado de exposiciones diarias repetidas a concentraciones muy inferiores a las altamente dañinas.

RESUMEN Y EVALUACIÓN

Los efectos del fosfuro de zinc ingerido con fines suicidas son bien conocidos. En la mayoría de los casos, la ingestión de más de 20 g es fatal: la mayor parte de las personas que ingieren menos de esa dosis sobreviven. Las características clínicas incluyen transtornos metabólicos (acidosis metabólica, tetania hipocalcémica), congestión en diversos órganos, cambios hemorrágicos en intestinos y membranas serosas, así como signos clínicos y características patológicas de insuficiencia hepática y renal.

No se han llevado a cabo estudios a largo plazo sobre los efectos de la fosfina o de los fosfuros metálicos en los animales o en el hombre y no se tienen datos relacionados con mutagenicidad, teratogenicidad o carcinogenicidad.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La fosfina es un gas altamente tóxico y debe tenerse un cuidado considerable durante su producción, almacenamiento y uso, así como en donde pueda originarse en el curso de otros procedimientos. No obstante, no presenta peligro para la población general y es muy poco probable que las emisiones accidentales al medio ambiente causen concentraciones persistentes o altas, o lleven a su acumulación. Aparte de su uso en la síntesis química y en la electrónica, la fosfina se emplea principalmente por sus efectos tóxicos. Su simplicidad química y su dispersión y conversión rápidas a moléculas inorgánicas simples de baja toxicidad la hacen muy apropiada para este propósito.

Los fosfuros metálicos, si se usan con cuidado, presentan poco riesgo para aquellos que los emplean o para la población general, o bien para las especies no blanco importantes en el medio ambiente. Se requieren controles administrativos para evitar el fácil acceso de niños, de personas con poca responsabilidad o de los que intentan suicidarse.

4. PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

4.1 Principales Peligros para el Hombre, Prevención y Protección, Primeros Auxilios

El principal peligro para el hombre es la posibilidad de una exposición ocupacional no detectada a la fosfina que cause intoxicación aguda. No puede confiarse ni en el olor ni en la irritación sensorial como advertencia de concentraciones tóxicas, en especial en presencia de otros humos, gases o vapores. Otro peligro importante es la posibilidad de que sean afectados otros miembros del público por la fosfina que se fugue de bodegas o cargas fumigadas, o bien emitida espontáneamente de cargas de ferrosilicio. En las comunidades agrícolas, los niños pueden estar en riesgo al consumir accidentalmente cebos envenenados con fosfuro de zinc.

Los peligros para la salud del hombre se señalan en la Tarjeta Internacional sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas, en las páginas 22 a 26, así como las medidas preventivas y de protección, y las recomendaciones sobre primeros auxilios.

4.1.1 *Asesoría para médicos*

En caso de exposición a la fosfina suele ocurrir una rápida recuperación cuando el paciente es llevado al aire fresco. No se conoce un antídoto especial. Se ha descrito hipotensión después de la exposición, pero normalmente no se presentan signos de vasoconstricción periférica y es probable que no se requieran expandidores del plasma. Las pruebas pueden indicar alteraciones en la función hepática. Si el tratamiento de apoyo tiene éxito, suele acompañarse por una recuperación completa. Después de ello, es aconsejable un período de descanso y de abstinencia de alcohol, hasta que los órganos afectados se recuperen por completo.

Después de una exposición severa al vapor, el riesgo de edema pulmonar retrasado puede ser suficiente para requerir la hospitalización del paciente durante un período de observación de 24 a 48 horas. Una placa inicial de rayos X del tórax será útil para la evaluación posterior del desarrollo del edema pulmonar. Pueden darse broncodilatadores por nebulizador o por aerosol dosificador para reducir el broncoespasmo y la disnea. Cuando hay síntomas respiratorios inmediatos que sugieren exposición de las vías aéreas inferiores, puede ser benéfico administrar esteroides para disminuir la neumonitis química y la cicatrización. Los esteroides pueden administrarse por inyección intravenosa de metilprednisolona en una dosis inicial de hasta 30 mg/kg de peso corporal, con dosis subsecuentes más pequeñas, o bien los esteroides se pueden dar en forma de aerosol dosificado a una dosis, varias veces superior a la del mantenimiento normal. Suelen indicarse antibióticos profilácticos en todos los casos, salvo en los leves, puesto que ocurre con frecuencia una infección bacteriana secundaria de las vías aereas.

PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

Si se desarrolla edema pulmonar, el paciente debe ser atendido con el tronco en posición elevada y se debe administrar oxígeno. Los diuréticos, la morfina y los derivados de la teofilina son de poca ayuda, puesto que el edema es el resultado de un exudado más que de un transudado que se origina por una mayor presión en los capilares pulmonares. Si se requieren más medidas, la ventilación intermitente de presión positiva, combinada con limpieza y succión bronquial son los elementos importantes del tratamiento.

En caso de ingestión de fosfuros metálicos, la intubación traqueal y el lavado gástrico con una solución de bicarbonato de sodio pueden eliminar parte del material y puede reducir la cantidad de fosfina resultante. Se ha utilizado el permanganato de potasio como tentativa para oxidar el fosfuro. Con base teórica, la administración de carbón activado puede adsorber parte de la fosfina presente y existe la posibilidad que la administración de parafina medicinal pueda reducir la hidrólisis y la absorción del fosfuro mismo.

Por lo demás, el tratamiento debe ser sintomático y de apoyo, dando particular atención a las funciones hepática y renal.

4.1.2 *Asesoría para la vigilancia de la salud*

Es aconsejable que las personas con enfermedad gastrointestinal o hepática pre-existente sean excluídas del trabajo con fosfina. Cada vez que las exposiciones medidas se acerquen al límite de exposición ocupacional o cuando los niveles de exposición requieran el uso de un equipo personal de protección de la respiración, es aconsejable medir en forma rutinaria la función pulmonar y la hepática.

4.2 Peligros de Explosión e Incendio

La fosfina (a menos que sea de muy alta pureza) se inflama en forma espontánea en el aire a temperatura ambiente en concentraciones superiores a 1.8%. Cuando las emisiones exceden esta concentración, la combustión controlada es la mejor manera de evitar incendios y explosiones accidentales. Dichas concentraciones no suelen alcanzarse durante la fumigación. Los bomberos deben utilizar un aparato de aire comprimido para respirar.

PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

4.3 Almacenamiento

La fosfina mezclada con gases inertes en cilindros debe ser almacenada según las prácticas habituales para gases comprimidos en un lugar fresco, seco y bien ventilado. Para propósitos industriales, la fosfina se puede almacenar en un tanque de gas, construido en forma adecuada para resistir a la corrosión y del cual pueda sacarse el aire. La fosfina en grandes cantidades puede constituir un peligro importante y se requieren instalaciones apropiadas para el control de dichos peligros. Los fosfuros metálicos se deben almacenar en tambores recubiertos de polietileno y sellados en una bodega seca y bien ventilada; los tambores se deben manejar con cuidado para evitar su perforación. Las preparaciones comerciales formuladas de fosfuros metálicos deben almacenarse secas en un aparador cerrado fuera del alcance de los niños.

4.4 Transporte

En caso de accidente durante el transporte por carretera, apagar el motor y permanecer contra el viento. No echar agua a los fosfuros metálicos derramados. Si una nube de gas es arrastrada hacia un área habitada, alertar a los habitantes y evacuar las áreas cercanas al derrame, si esto puede hacerse sin riesgo de exposición.

4.5 Derrames y Eliminación

Al gas excedente o a las fugas de gas de los cilindros se puede dar lentamente salida al aire en un área abierta segura, o bien el gas puede quemarse a través de un quemador apropiado en una campana de extracción de humo. Puede inflamarse espontáneamente y encenderse los chorros de las válvulas con fugas. Los grandes derrames de fosfuros de magnesio o de aluminio, así como las preparaciones formuladas a partir de ellos, deben ser mantenidos secos y traspalados a envases que puedan sellarse, por personas provistas de un equipo de protección para la respiración eficaz contra la fosfina. Los envases deben llevarse a un sitio seguro en donde se puedan colocar abiertos en un foso profundo y mantener húmedos para permitir una hidrólisis lenta hasta la emisión total de la fosfina. Más tarde, los residuos se pueden eliminar al sepultarlos a profundidad en un relleno sanitario autorizado. El área contaminada debe ser lavada con grandes cantidades de agua. Se puede permitir que los pequeños derrames se hidrolicen *in situ*, si es posible mantener alejados al público y a los animales domésticos.

PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

Los derrames de fosfuro de zinc deben ser recogidos en envases sellables por personas equipadas con protección para la respiración y el material se debe eliminar por incineración a alta temperatura o inactivar químicamente según la asesoría de un experto.

Los envases combustibles pueden ser incinerados a altas temperaturas o eliminados en un relleno sanitario profundo.

5. PELIGROS PARA EL AMBIENTE Y SU PREVENCIÓN

La fosfina se utiliza en forma deliberada en el ambiente para eliminar plagas, pero sólo en las áreas que han sido modificadas extensamente por las actividades industriales o agrícolas. Su uso no plantea ningún peligro ambiental reconocido salvo este último.

6. TARJETA INTERNACIONAL SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Esta tarjeta deberá ser puesta a disposición de todos lostrabajadores del área de la salud que tengan que ver con la fosfina y los fosfuros metálicos, así como de los que manejen estos productos. Deberá desplegarse en o cerca de las entradas a las áreas en donde haya una exposición potencial a la fosfina o a los fosfuros, y sobre el equipo de procesamiento y los contenedores. La tarjeta deberá traducirse al (los) idioma(s) del lugar. También deberán explicarse con claridad las instrucciones de la tarjeta a todas las personas potencialmente expuestas al producto químico.

Se dispone de lugar para la inserción del Límite Nacional de Exposición Ocupacional, la dirección y el número de teléfono del Centro Nacional de Control de Intoxicaciones, e información sobre los nombres comerciales locales.

TARJETA INTERNACIONAL SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

FOSFINA
(Fosfuro de hidrógeno, fósforo trihídrico, hidrógeno fosforado, fosfano)
(No. de Registro del CAS 7803-51-2)

PROPIEDADES FÍSICAS		OTRAS CARACTERÍSTICAS
Peso molecular	34	Un gas incoloro a temperatura y presión ambiente; en estado puro es inoloro, pero la fosfina técnica tiene característicamente un olor "a pescado" o "aliáceo" debido a las impurezas
Punto de fusión	-133.5 °C	
Punto de ebullición	- 87.4 °C	
Densidad de vapor relativa	1.17	
Temperatura de ignición espontánea	38 °C[a]	
Límite explosivo inferior	1.8 %	

[a] Varía con la presencia de impurezas

DIFOSFURO TRI-ZÍNQUICO
(Fosfuro de zinc)
(No. de Registro del CAS 1314-84-7)

PROPIEDADES FÍSICAS		OTRAS CARACTERÍSTICAS
Peso molecular	258.1	Un sólido gris
Punto de fusión	se sublima	
Densidad (13 °C)	4.55	

FOSFURO DE ALUMINIO
(No. de Registro del CAS 20859-73-8)

PROPIEDADES FÍSICAS		OTRAS CARACTERÍSTICAS
Peso molecular	57.96	Un sólido gris/amarillo
Punto de fusión	> 1 350 °C	
Densidad (25 °C)	2.85	

DIFOSFURO DE TRIMAGNESIO
(Fosfuro de magnesio)
(No. de Registro del CAS 12057-74-8)

PROPIEDADES FÍSICAS		OTRAS CARACTERÍSTICAS
Peso molecular	134.87	Un sólido gris
Punto de fusión	> 750 °C	
Densidad (25 °C)	2.1	

TARJETA INTERNACIONAL SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS (continuación)

PELIGROS/SÍNTOMAS	PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
VAPORES DE FOSFINA GASEOSA		
EXPOSICIÓN ÚNICA		
PIEL y **OJOS**: Ningún efecto local o absorción importante	La máscara completa protege los ojos	No se requieren
INHALACIÓN: Irritación del tracto respiratorio; los efectos en el sistema nervioso central incluyen ataxia que puede parecer ebriedad e hipotensión; pueden ocurrir náusea y síntomas gastrointestinales superiores; a la larga, pueden ocurrir pérdida de la conciencia, depresión respiratoria y muerte	Evitar la exposición por encerramiento, ventilación con extractor o equipo adecuado de protección para la respiración; el olor puede no alertar sobre concentraciones tóxicas	Llevar al paciente al aire fresco y mantenerlo tranquilo; si ha cesado la respiración, dar respiración artificial; si el pulso es débil o hay torpor mental, acostar al paciente con los pies elevados
INGESTIÓN: No es posible		
EXPOSICIÓN REPETIDA		
Existe cierta evidencia que los efectos pueden agregarse a los efectos residuales de una exposición previa		

INHALACIÓN: Existe la posibilidad de síntomas gastrointestinales superiores y cefalea **PIEL** y **OJOS**: Ningún efecto crónico detectado	Como para exposición única	
FOSFUROS METÁLICOS *EXPOSICIÓN ÚNICA*		
PIEL: Ninguna evidencia de irritación, de absorción directa; la hidrólisis en la humedad atmosférica o la sudoración pueden provocar fosfina gaseosa, que puede inhalarse	Evitar la exposición: manejar las píldoras, los discos, etc., empleando guantes o la envoltura; secar la piel expuesta y usar guantes antes de mezclar el material en polvo; lavarse muy bien en un lugar bien ventilado después del manejo	Trabajar en un lugar abierto o bien ventilado; limpiar cualquier material seco y después lavarse o tomar un baño de regadera largo, utilizando jabón si lo hay; si se presentan signos de inhalación de fosfina, ver la Tarjeta Internacional sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas para la fosfina
OJOS: Irritación mecánica y química	Evitar la exposición; mantener los guantes y las manos contaminados lejos de la cara; manejar el polvo de tal manera que se reduzca la nube; usar gafas	Enjuagar a fondo con un chorro suave de agua por lo menos durante 15 minutos

TARJETA INTERNACIONAL SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS (continuación)

PELIGROS/SÍNTOMAS	PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
INHALACIÓN: Irritación del tracto respiratorio tanto directamente como por la emisión de fosfina; efectos sistémicos posibles por la absorción de fosfina (ver la Tarjeta Internacional sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas para la fosfina)	Manejar el polvo de tal manera que se reduzca la nube; asegurar una buena ventilación local y general. Si se requiere equipo protector de la respiración, debe ser eficaz tanto contra los polvos de fosfuro, como contra la fosfina gaseosa	Ver la Tarjeta Internacional sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas para la fosfina
INGESTIÓN: Náusea, dolor abdominal y vómito; colapso circulatorio, conciencia alterada, coma, convulsiones; signos de transtornos hepáticos y renales severos	Mantener todas las preparaciones bajo llave y fuera del alcance de los niños; no comer ni fumar mientras se utilizan las preparaciones y lavarse las manos después del uso	Inducir el vómito en los pacientes conscientes que no han vomitado; dar carbón activado como suspensión en agua por la boca, repetir después del vómito y obtener atención médica

EXPOSICIÓN REPETIDA

Existe cierta evidencia que los efectos se agregarán a los efectos residuales de las exposiciones previas

7. REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES

La información contenida en esta sección ha sido tomada del archivo legal del Registro International de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas (IRPTC). El lector debe estar consciente que las decisiones reglamentarias sobre sustancias, adoptadas en un cierto país, sólo pueden comprenderse por completo dentro de su propio marco legal.[a]

Puede obtenerse del IRPTC una referencia completa del documento nacional original del cual fue tomada la información. Cuando no aparece una fecha en vigor en el archivo legal del IRPTC, se indica con una (r) el año de referencia del cual se tomaron los datos.

7.1 Valores Límite de Exposición

En el cuadro de las páginas 29 a 33 se dan algunos valores límite de exposición.

7.2 Restricciones Específicas

Hay restricciones sobre el uso de la fosfina como plaguicida en Brasil, Checoslovaquia, la República Federal de Alemania, Suecia y la U.R.S.S.

En Checoslovaquia y Japón, la fosfina y a los fosfuros se clasifican como sustancias venenosas peligrosas.

En la República Federal de Alemania, el nivel de fosfina en las emisiones al aire no puede exceder de 1 mg/m^3 a una velocidad de flujo de masa de 10 g/h. La fosfina se clasifica como dañina en el agua y se requieren medidas apropiadas para proteger los suministros de agua.

En la Comunidad Económica Europea, la fosfina se señala como una sustancia peligrosa en cantidades superiores a 100 kg.

En los E.U.A., los productos químicos comerciales que contienen fosfina son clasificados como desechos peligrosos agudos y el desecho sólido (excepto el doméstico) que contiene fosfina se clasifica como desecho peligroso.

---

a Los reglamentos y las guías de todos los países están sujetos a cambio y siempre deberán ser verificados con las autoridades reglamentarias apropiadas antes de su aplicación.

REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES

7.3 Etiquetado, Embalaje y Transporte

Las Naciones Unidas clasifican a la fosfina como un gas peligroso (comprimido) con los riesgos secundarios de un líquido inflamable y de una sustancia venenosa.

REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES

VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

Medio	Especificación	País/ organización	Descripción del límite de exposición*	Valor	Fecha en vigor
AIRE	Ocupacional	Australia	Valor de umbral límite (TLV) - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)	 0.4 mg/m^3	1985 (r)
		Bélgica	Valor de umbral límite - Promedio ponderado con relación al tiempo - Límite de exposición a corto plazo (STEL)	 0.4 mg/m^3 1 mg/m^3	1987 (r)
		Bulgaria	Concentración máxima permisible (MPC) - Promedio ponderado con relación al tiempo	 0.1 mg/m^3	1985
		Canadá	Valor de umbral límite - Promedio ponderado con relación al tiempo - Límite de exposición a corto plazo	 0.4 mg/m^3 1 mg/m^3	1985 (r)
		Checoslova-quia	Concentración máxima admisible (MAC) - Promedio ponderado con relación al tiempo - Valor techo (CLV)	 0.1 mg/m^3 0.2 mg/m^3	1985
		Finlandia	Concentración máxima permisible - Promedio ponderado con relación al tiempo	 0.1 mg/m^3	1985 (r)

REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES (continuación)

VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

Medio	Especificación	País/ organización	Descripción del límite de exposición	Valor	Fecha en vigor
AIRE	Ocupacional	República Democrática Alemana	Concentración máxima admisible - Promedio ponderado con relación al tiempo - Límite de exposición a corto plazo	 0.1 mg/m^3 0.3 mg/m^3	1985 (r)
		República Federal de Alemania	Concentración máxima en el lugar de trabajo (MAK) - Promedio ponderado con relación al tiempo - Límite de exposición a corto plazo (5 minutos, 8 x /turno)	 0.15 mg/m^3 0.3 mg/m^3	1987 (r)
		Italia	Valor de umbral límite - Promedio ponderado con relación al tiempo	 0.4 mg/m^3	1985 (r)
		Países Bajos	Límite máximo (MXL) - Promedio ponderado con relación al tiempo - Límite de exposición a corto plazo	 0.4 mg/m^3 1.5 mg/m^3	1987 (r)
		Polonia	Concentración máxima permisible - Valor techo	 0.1 mg/m^3	1985 (r)
		Rumania	Concentración máxima permisible - Promedio ponderado con relación al tiempo - Valor techo	 0.2 mg/m^3 0.5 mg/m^3	1985 (r)

Suecia	Valor límite de higiene (HLV)		1988
	- Promedio ponderado con relación al tiempo	0.4 mg/m^3	
	- Límite de exposición a corto plazo (Promedio ponderado con relación a 15 minutos)	1.4 mg/m^3	
Suiza	Concentración máxima en el lugar de trabajo		1987 (r)
	- Promedio ponderado con relación al tiempo	0.15 mg/m^3	
Reino Unido	Límite recomendado de control de exposición (RECL)		1987 (r)
	- Promedio ponderado con relación al tiempo	0.4 mg/m^3	
	- Límite de exposición a corto plazo (Promedio ponderado con relación a 10 minutos)	1 mg/m^3	
EUA(ACGIH)	Valor de umbral límite		1987 (r)
	- Promedio ponderado con relación al tiempo	0.4 mg/m^3	
	- Límite de exposición a corto plazo	1 mg/m^3	
E.U.A. (OSHA)	Límite de exposición permisible (PEL)		1987 (r)
	- Promedio ponderado con relación al tiempo	0.4 mg/m^3	
U.R.S.S.	Concentración máxima admisible		1977
	- Valor techo	0.1 mg/m^3	
Yugoslavia	Concentración máxima admisible		1985 (r)
	- Promedio ponderado con relación al tiempo	0.1 mg/m^3	

REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES (continúa)

VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

Medio	Especificación	País/ organización	Descripción del límite de exposición	Valor	Fecha en vigor
AIRE	Ambiental	U.R.S.S.	Concentración máxima admisible - Promedio diario - Una vez por día	 0.001 mg/m^3 0.01 mg/m^3	1984
AGUA	Superficial	U.R.S.S.	Concentración máxima admisible (agua superficial para pesca)	0.1 mg/litro	1985 (r)
ALIMENTOS		FAO/OMS	Límite máximo de resíduos - Harina, productos de cereales molidos, cereales para desayuno, vegetales secos, especies, nueces, cacahuates, frutas secas, semillas de cacao, otros alimentos secos	 0.01 mg/kg	1982 (r)
		CEE	Límite máximo de resíduos - Cereales (en general)	 0.1 mg/kg	1988
		Brasil	Límite aceptable (AL) (plantas específicas)	0.01-0.1 mg/kg	1985 (r)

Checoslova-quia	Límite máximo de residuos	0.01-0.1 mg/kg	1978
República Federal de Alemania	Límite máximo de residuos		1984
	- Productos vegetales especificados	0.01-0.1 mg/kg	
	- Otros productos vegetales	0.01 mg/kg	
	- Tabaco	0.01 mg/kg	
India	Concentración máxima tolerable (MTC)		1976
	- Productos alimenticios especificados	0.01-0.05 mg/kg	
U.R.S.S.	Límite máximo de residuos		1984
	- Alimentos exportados e importados	0.01-0.1 mg/kg	
E.U.A.	Límite aceptable de residuos (ARL)		1983 (r)
	- Productos agrícolas crudos; fosfina resultante del uso de fosfuro de zinc	0.01-0.1 mg/kg	
	- Productos agrícolas crudos; fosfina resultante del uso de fosfuros de aluminio y de magnesio como tratamiento precosecha contra plagas	0.1 mg/kg	
	- Alimentos procesados: fosfina resultante de la fumigación con fosfuros de magnesio o de aluminio	0.01 mg/kg	1985 (r)

BIBLIOGRAFÍA

ACGIH (1986) *Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices*. Cincinnati, American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

CLAYTON, G.D. & CLAYTON, F.E. (1981) *Patty's industrial hygiene and toxicology*. Vol. 2A. New York, Wiley - Interscience, John Wiley & Sons.

DUTCH ASSOCIATION OF SAFETY EXPERTS (1980) *Handling chemicals safety*. 2nd ed. Dutch Chemical Industry Association, Dutch Safety Institute.

GOSSELIN, R.E., ET AL. (1976) *Clinical toxicology of commercial products*. 4th ed. Baltimore, Maryland, Williams and Wilkins Company.

IRPTC (1988) *Data profile (legal file, waste disposal file, treatment of poisoning file)*, Geneva, International Register of Potentially Toxic Chemicals.

SAX, N.I. (1984) *Dangerous properties of industrial materials*. New York, Van Nostrand Reinhold Company.

US NIOSH (1976) *A guide to industrial respiratory protection*. Cincinnati, Ohio, US National Institute for Occupational Safety and Health.

US NIOSH/OSHA (1985) *Pocket guide to chemical hazards*. Washington, DC, US National Institute for Occupational Safety and Health, Occupational Safety and Health Association (Publication No. 85.114).

US NIOSH/OSHA (1981) *Occupational health guidelines for chemical hazard*. 3 vol. Washington, DC, US National Institute for Occupational Safety and Health, Occupational Safety and Health Association (Publication No. 01.123).

WHO (1988) *Phosphine and selected metal phosphides*. Geneva, World Health Organization (Environmental Health Criteria 73).