

# FOSFURO DE ALUMINIO

**KILLPHOS\***

Marca registrada de FAX MEXICO, S.A. de C.V.



---

# Contenido

## GENERALIDADES

Introducción .....	3
Propiedades Físicas y Químicas .....	4
Formulaciones .....	5
Método Analítico .....	6
Liberación de Fosfina .....	8
Presentaciones y Envases .....	9

## EQUIPOS DE DETECCION

Tarjetas Indicadoras .....	11
Tubos Colorimétricos .....	11
Dosímetro .....	13
Detectores Electrónicos .....	13
Bomba Auxiliar .....	15

## ACCION BIOLOGICA

General .....	16
Dosis y Tiempos de Exposición .....	17
Concentración x Tiempo .....	18
Tabla de Dosis .....	19

## EQUIPOS DE APLICACION .....

## PROCESO DE FUMIGACION

Principios Generales .....	21
Silos Verticales .....	22
Estibas .....	23
Bodegas Horizontales .....	24
Trailers, Carros de Ferrocarril, Barcos .....	25
Tabaco y Productos Diversos, en Sacos .....	26
Molinos de Harina, Lecherías, Estructuras .....	27
Combate de Roedores .....	28
Aireación .....	29
Disposición de Residuos .....	29
Puntos Especiales a Recordar .....	30

## SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS

Manejo del Fosforo de Aluminio .....	31
Riesgos de Incendio y Explosión .....	32
Almacenaje .....	32
Protección al Ambiente .....	32
Contaminación de la Piel .....	32
Contaminación de los Ojos .....	32
Ingestión .....	32
Respiración Artificial .....	33

## RECOMENDACIONES AL MEDICO .....

## PLAGAS DE LOS

## PRODUCTOS ALMACENADOS .....

Contratapa

---

# Introducción

El fosforo de aluminio es uno de los fumigantes más utilizados para combate de plagas en los granos almacenados. Se usa también para combate de insectos, ácaros y roedores en almacenes, estructuras y edificios.

Tiene una utilización cada vez mayor en granos y mercancías varias en tratamientos de tipo cuarentenario.

El fosforo de aluminio se usa para la fumigación de productos naturales y procesados incluyendo cereales, soya, cacao, nueces, semillas, alimentos para animales, té, café, tabaco en hoja y procesado, harina, especias, frutas secas, etc.

El fosforo de aluminio se presenta en forma de tabletas, envasadas en tubos y latas de aluminio. Se han desarrollado posteriormente otras formas y empaques para satisfacer necesidades específicas.

Las tabletas de fosforo de aluminio, expuestas a la atmósfera se descomponen lentamente y reaccionan con la humedad del aire produciendo fosforo de hidrógeno o fosfina, que es un gas altamente efectivo contra insectos, ácaros y roedores.

El fosforo de magnesio, también reacciona con la humedad del aire para generar fosfina y se utiliza también como fumigante.

Otros fosfuros metálicos como el fosforo de zinc, se utilizan extensamente por sus propiedades rodenticidas.

UPL ha desarrollado diversas formulaciones de estos compuestos, incluyendo pastillas esféricas, pastillas planas, perdigones y polvo en sobres, para satisfacer una gran diversidad de usos especiales de estos fumigantes.

**El Fosforo de Aluminio** está diseñado para aplicaciones en silos, almacenes con grano a granel, carros de ferrocarril, compartimentos de barcos, molinos de harina y bodegas.

**El Fosforo de Aluminio** se usa también para combate de roedores.

Una buena fumigación depende de la calidad del fumigante y de la técnica apropiada de aplicación.

**El Fosforo de Magnesio** es un fumigante que al igual que el **Fosforo de Aluminio**, genera 1 gramo de Fosfina por cada tableta de 3 gramos.

**El Fosforo de Magnesio** tiene sin embargo características únicas, que lo hacen recomendable para ciertos usos:

- Libera el gas fosfina en solo 1-2 horas, tras la exposición a la humedad atmosférica.
- Requiere menor tiempo de exposición que el fosforo de aluminio y es por tanto ideal para fumigaciones en que el tiempo de exposición es crítico.

**El Fosforo de Magnesio** se ofrece también en presentación de tabletas, "pellets" y sobres, para satisfacer necesidades especiales.

---

# Propiedades Físicas y Químicas

## Fosfina

Fórmula:  $H_3P$

Nombres químicos: Fosfuro de Hidrógeno, Hidrido de Fósforo

Peso molecular ..... 33.99

Apariencia, y olor, 760 mm Hg, 20 °C: gas incoloro, con olor característico a carburo, a ajos o pescado.

Densidad, líquido, -90 °C/ 0 °C ..... 0.746

Densidad, vapor 760 mm Hg 0 °C (aire = 1) ..... ~ 1.53

Presión de vapor, 20 °C ..... 34.2 atm

40 °C ..... 51.9 atm

Punto de fusión ..... - 133.5 °C

Punto de ebullición, 760 mm ..... -87.4 °C

Solubilidad en agua, 20 °C ..... 0.04 g/100 g

Soluble en alcohol, éter, Cloruro de Cobre

Temperatura crítica ..... 194 °C

Punto de inflamabilidad, TCC ..... 1.79% V/V

Temperatura de autoignición ..... 537 °C

---

# Formulaciones

## KILLPHOS\* Fosfuro de Aluminio

Fórmula química: AlP

Peso molecular ..... 57.95

Apariencia, y olor, 760 mm Hg, 20 °C: cristales gris amarillento obscuro, olor parecido al carburo, a ajos.

Densidad ..... 2.90

Punto de fusión ..... > 1350 °C

Solubilidad en agua, 20 °C ..... 26.0 g/l

Temperatura crítica ..... 194 °C

Temperatura de autoignición ..... 38 °C

Estabilidad: Estable en seco; reacciona con la humedad del aire formando gas fosfina. Reacción violenta exotérmica con el agua. Inflamable. Reacciona también con los ácidos.

## KILLPHOS-mg\* Fosfuro de Magnesio

Fórmula química: Mg<sub>3</sub>P<sub>2</sub>

Peso molecular ..... 134.88

Apariencia, y olor, 760 mm Hg, 20 °C: cristales cúbicos amarillo verdoso; olor parecido al carburo, a ajos.

Densidad ..... 2.055

Punto de fusión ..... > 1000 °C

Solubilidad en agua, 20 °C ..... Insoluble

Temperatura de autoignición ..... 537 °C

Estabilidad: Estable en seco; reacciona con la humedad del aire formando gas fosfina. Reacción violenta exotérmica con el agua. Inflamable. Reacciona también con los ácidos.

---

### Especificaciones:

Fosfuro de Aluminio

por peso, mínimo ..... 56.0%

normal ..... >59.0%

(Fosfina equivalente)

por peso, mínimo ..... 33.3%

Dureza tabletas ..... 10 +/-2.5 kg/cm<sup>2</sup>

Polvo, máximo ..... 0.6%

Envases herméticos, de aluminio reforzado.

---

### Especificaciones:

Fosfuro de Magnesio

por peso, mínimo ..... 66.0 %

(Fosfina equivalente)

por peso, mínimo ..... 33.3 %

---

El KILLPHOS y el KILLPHOS-mg se formulan en diversas presentaciones y tamaños, incluyendo pastillas esféricas y planas, perdigones y en polvo.

---

## Liberación de Fosfina

Contiene además algunos materiales inertes como el carbamato de amonio que al contacto con el aire libera amoníaco, el que con su fuerte olor picante sirve como agente delator. Otros ingredientes inertes tienen la función de agregantes y de estabilizadores que modulan la velocidad de generación de gas fosfina.

Los agentes estabilizadores en las pastillas o perdigones de **KILLPHOS\***, ayudan a evitar la reacción exotérmica violenta que ocurre en condiciones de alta humedad; sin dichos agentes estabilizadores se pudiera provocar la autoignición de la fosfina. Al mismo tiempo la reacción controlada y retardada del **KILLPHOS\*** permite hacer la fumigación con un mínimo de riesgo para los operadores.

Una de las características sobresalientes del **Fosforo de Aluminio** es que solamente empieza a trabajar hasta entrar en contacto con la humedad atmosférica.

El olor picante del amoníaco es la primera señal de que se ha iniciado la descomposición y se empezará a liberar el gas fosfina por la hidrólisis del fosforo de aluminio.

El bióxido de carbono y el amoníaco proporcionan una atmósfera inerte que inhibe cualquier posible tendencia de autoignición de la fosfina liberada.

Al iniciarse la descomposición del fosforo de aluminio, la pastilla, de color gris, empieza a tornarse menos brillante hasta tomar un color gris mate polvoso. Finalmente la tableta se expande y se desintegra dejando un montoncito de polvo de volumen alrededor de 5 veces mayor al original de la pastilla.

El residuo de polvo es principalmente hidróxido de aluminio que no es tóxico ni irritante. Se elimina fácilmente por aspiración o barriendo el piso del área fumigada.

Se requieren entre 24 y 48 horas para que el fosforo de aluminio se descomponga y libere la mayor parte de la fosfina. El tiempo de descomposición depende de la humedad y la temperatura. El periodo de mayor gasificación ocurre entre 14 y 48 horas después de exponer el producto a la atmósfera.

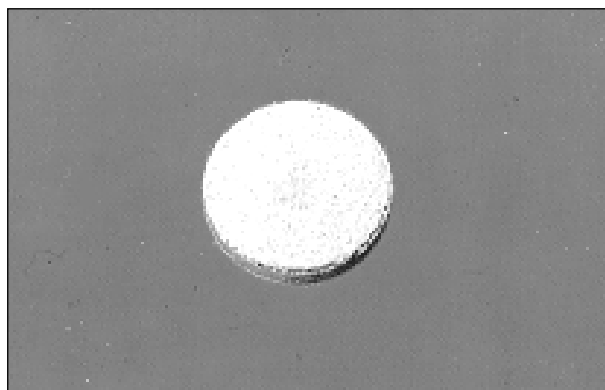


Fig. 4—Tableta Recién Colocada



Fig. 5—Reacción de Liberación de Fosfina



Fig. 6—Fosfina Totalmente Liberada







## LIBERACION DE FOSFINA EN DISTINTAS PRESENTACIONES

### Por ciento del Total de Fosfina Generada

HORAS	PASTILLA de 3.0 g	PELLET de 0.6 g	SOBRE de 34 g
0.5	0.5 %	0.5 %	0.1 %
1.0	2.0	1.4	0.2
1.5		1.6	1.0
3.0			1.9
5.0			4.8
6.0			7.1
8.0			9.5
14.0	6.3		61.9
20.0	43.9	27.9	
24.0	45.4	34.9	81.0
26.0		41.9	85.7
28.0			100.0
42.0	51.2	83.7	
48.0	87.8		
64.0	100.0	100.0	

**NOTA:** La tabla muestra el porcentaje de fosfina liberada, respecto al total de fosfina equivalente liberable para cada presentación, en condiciones de 50% de humedad relativa y 25 °C de temperatura ambiente. Las horas corresponden al tiempo transcurrido entre el momento de abrir los envases y el tiempo de la determinación de fosfina liberada.

## Presentaciones y Envases

El **KILLPHOS\*** se fabrica en una gran variedad de formas y envases:

1. **TABLETA PLANA** de 3 g. Envasada en tubos de aluminio de 3 a 30 tabletas/tubo. La presentación más común es de 20 tabletas/tubo; 16 tubos por lata; 12 latas por caja con 3840 tabletas.
2. **TABLETA ESFERICA** de 3 g. Envasada normalmente en frascos de aluminio de 500 tabletas por frasco, 14 frascos por caja con 7000 tabletas.
3. **PELLETS** de 0.6 g. En frascos de aluminio de 1667 pellets por frasco, 21 frascos por caja con 35,007 pellets (21 kg) por caja.



Fig. 7—Tabletas Planas de 3.0 g

- 
4. **POLVO** en sobres de aluminio de 10 o 34 g; solos o en cadena, empacados en latas de 120 a 3400 g.

**KILLPHOS** no genera fosfina en tanto las pastillas se conserven en el envase original cerrado. La dureza de las pastillas y el recubrimiento especial que tienen, determinan la velocidad de reacción una vez expuestas a la atmósfera..



**Fig. 8—Pellets de 0.6 g**

---

# Equipos de Detección

La fosfina es un gas altamente tóxico; tiene un límite de tolerancia para exposiciones continuas (TLV) de 0.3 ppm que pueden no ser detectadas por el olfato. Por esta razón es deseable monitorear su concentración usando instrumentos apropiados donde quiera que se realizan fumigaciones con fosfuro de aluminio y fosfuro de magnesio.

Por otra parte, el rango de concentración que se desea medir o monitorear varía de acuerdo con la situación y el objetivo. El nivel a detectar para prevenir exposiciones a la fosfina por corto tiempo es distinto del nivel que provoca intoxicaciones crónicas. El nivel a medir para constatar la concentración de fumigante durante una fumigación es mucho mayor. Lamentablemente no hay un instrumento o sistema para monitorear el nivel de fosfina en todos los casos y para todos los rangos de concentraciones. Es necesario por tanto estudiar cuidadosamente cada situación para decidir el mejor equipo o sistema a usar.

## Tarjetas Indicadoras.

Las tarjetas indicadoras son particularmente útiles para usar en la ropa de los operarios y para colocar en paredes o postes en lugares cerrados donde se realizan fumigaciones con fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio.

Las tarjetas contienen un producto químico que al reaccionar con la fosfina produce un cambio de color de la tarjeta que indica la presencia del gas. El color empieza a observarse a concentraciones de 1 ppm de fosfina y se acentúa a medida que la concentración aumenta.

Estas tarjetas deben usarse cuando se hacen fumigaciones de estibas, fumigaciones de estructuras y bodegas en que los operadores pudieran estar expuestos a la fosfina.

## Tubos Colorimétricos.

La determinación precisa, y de gas fosfina en la atmósfera, a través de la tecnología de tubos detectores, es de gran trascendencia para constatar las dosificaciones aplicadas y para proteger a los operarios que manejan este fumigante.

El sistema de tubos detectores GASTEC de **SENSIDYNE**, permite detectar y medir todo el rango de concentraciones de gas fosfina, desde menos del nivel permisible para exposición continua o intermitente hasta el usado para combate de plagas. El sistema funciona para muchos otros fumigantes, incluyendo: ácido cianhídrico, bromuro de metilo, disulfuro de carbono, cloropicrina, formaldehído, sulfuro de carbonilo, y tetracloruro de carbono.

Para cada gas se requiere un tubo detector específico.

### PRINCIPIOS DE OPERACION.

El detector contiene la cantidad precisa de los reactivos apropiados dentro de un tubo de vidrio de diámetro interior constante, sellado herméticamente por ambos extremos.

Para hacer la medición, se rompen los extremos del tubo detector y se conecta a la bomba muestreadora. Se procede entonces a jalar la manija de la bomba para tomar un volumen pre-determinado de la muestra de gas.

El sistema de reactivos dentro del tubo detector reaccionará de inmediato con el gas a medir de la muestra, desarrollando una coloración específica dentro del tubo detector, a partir del extremo donde entra la muestra. La concentración del gas se muestra en el punto de cambio de color en el reactivo. El sistema proporciona una indicación cuantitativa de la concentración de gas, dependiendo de la longitud de coloración dentro del tubo detector.

### PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y MEDICION

1. Romper ambas puntas del tubo detector introduciéndolas y doblándolas en el orificio colocado *ex profeso* a un lado de la bomba para este propósito.
2. Insertar ahora el tubo detector en la entrada frontal de la bomba con la flecha indicadora apuntando hacia la bomba.
3. Introducir la manija hasta el fondo, y alinear las marcas guía de la manija con las de la bomba.
4. Sacar la manija de la bomba hasta la marca del volumen deseado: a la traba de 1/2 ciclo de bombeo (50 ml) o hasta completar todo el ciclo completo (100 ml).

- Al jalar la manija se introduce a la bomba el volumen previsto de la muestra de gas y el reactivo empieza a cambiar de color a partir del punto de entrada de la muestra.

El punto de interfase entre la parte coloreada y la no coloreada del tubo detector indica la concentración del gas muestreado. Destabar la manija girando 1/4 de vuelta y regresarla al punto inicial, empujándola hasta el fondo.

- Si se requiere mayor número de ciclos de bombeo para obtener un mayor volumen de muestra, continuar jalando y metiendo la manija de la bomba hasta completarlos, sin retirar el tubo detector.

Hay tubos para diversos rangos de concentración de fosfina en el aire: La escala muestra el rango de medición para los ciclos de bombeo indicados.

Cada ciclo representa una muestra de 100 ml. Variando el número de ciclos (volumen de muestra), el rango puede ampliarse a las concentraciones indicadas en la última columna.

CLAVE	ESCALA ppm	CICLOS	RANGO ppm
No. 7 LA	0.1—1.5	n=5	0.05—9.8
No. 7 L	0.3—5	n=5	0.15—5.0
No. 7	5—50	n=2	2.5—100
No. 7 J	25—500	n=5	2.5—1000

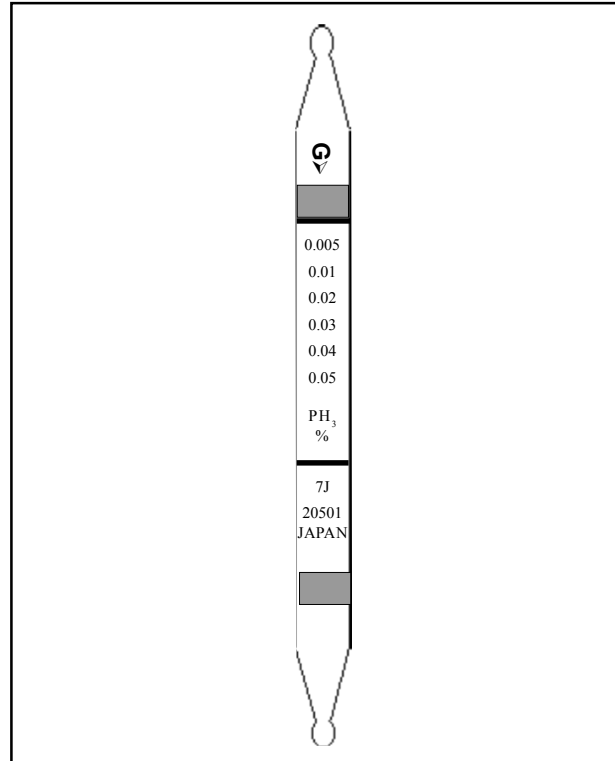


Fig. 10—Tubo Colorimétrico No. 7 J; Escala 25—500 ppm



Fig. 11—Bomba Sensidyne

## Dosímetro

Para el monitoreo de la concentración de fosfina durante una fumigación UPL ha desarrollado un sistema práctico y fácil de usar, que está basado en el mismo principio de los tubos detectores.

El dosímetro esta compuesto de un tubo de vidrio conteniendo un sistema de reactivos que al reaccionar con la fosfina produce un cambio de color en el reactivo, de longitud proporcional a la cantidad de fosfina que pasa a través del tubo durante todo el tiempo de exposición de la fumigación.

El dosímetro está calibrado en horas y muestra el tiempo que toma desarrollar un cambio de color de esa longitud al estar expuesto, en forma continua, a una concentración de 1000 ppm de fosfina.

La concentración media de fosfina durante la fumigación se calcula usando la fórmula siguiente:

$$\text{Dosis (ppm hora)} = \text{Horas (leídas en el dosímetro)} \times 1000$$

de donde se deduce,

$$\text{Concentración media} = \frac{\text{Dosis (ppm hora)}}{\text{Horas de Fumigación}}$$

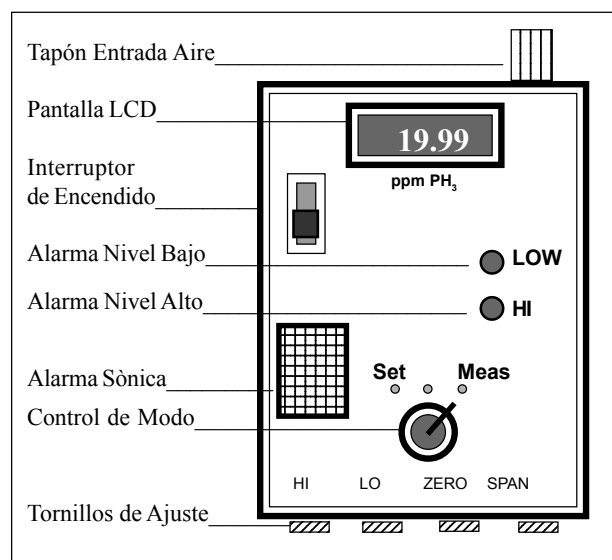


Fig. 12—Diagrama Carátula Uniphos 350 ALERT

## Detectores Electroquímicos

Uno de los sistemas más confiables para detectar fugas y monitorear instalaciones donde pudiera haber exposición de trabajadores u otras personas a la fosfina es el detector electroquímico de difusión de gas.

El equipo tiene un sensor con un sistema de electrodos y electrolito, específicamente diseñado para detectar fosfina, dispuestos tras una membrana. La fosfina difunde a través de la membrana y reacciona con el electrolito, generando una señal que es proporcional linealmente a la concentración de fosfina en la atmósfera muestreada y la muestra en una pantalla digital o la transmite a un controlador distante.

Algunos equipos disponen de una alarma óptica y sónica, que se enciende cuando el nivel de fosfina en la atmósfera muestreada rebasa ciertas concentraciones pre-establecidas o conectarse a una computadora para registrar los niveles detectados.

Hay varios tipos de detectores electroquímicos disponibles para satisfacer una diversidad de situaciones y necesidades específicas:

### UNIPHOS 350.

Detector portátil para monitoreo continuo de niveles bajos de fosfina. Muestra en forma constante la concentración de fosfina en el rango de 0—20 ppm V/V. Ver fig. 12.

Contiene un sistema de alarmas visual y sónico que pueden ajustarse a dos niveles (alto y bajo) de concentración de fosfina.

Este equipo funciona con una batería alcalina de 9 V; pesa solo 580 g y está diseñado para llevarse en el cinturón. Cuando baja el voltaje de la batería, se muestra en la pantalla la indicación "LO BAT".

El equipo se calibra mediante el ajuste de 4 tornillos localizados en la base del aparato:

1. El ajuste a "cero" se hace girando el tornillo correspondiente hasta que la pantalla muestra 0.00, cuando el equipo se encuentra en una atmósfera libre de fosfina y bióxido de carbono.

El control de rango se ajusta con el tornillo "SPAN" usando una muestra estándar de gas fosfina y girando el tornillo hasta obtener en la pantalla la concentración de la muestra.

El ajuste a cero se hace solo una vez, el de control de rango debe hacerse una vez al mes.

Para establecer los límites de la alarma (alto y bajo) se mueve el botón de control de modo a la posición correspondiente y se giran los tornillos respectivos de ajuste hasta que la pantalla muestre la concentración deseada

### UNIPHOS 200.

Detector portátil que es en todo semejante al **UNIPHOS 350** salvo porque no cuenta con alarma sónica u óptica. Pesa un poco más (935 g) y muestra también la concentración en una pantalla digital, dentro del rango 0—20 ppm V/V.

### UNIPHOS 550

Este equipo está diseñado para detección y monitoreo continuo de fosfina en los lugares donde se utiliza en forma frecuente. Permite el monitoreo de varios puntos simultáneamente.

Estos equipos constan de un elemento sensor, de un transmisor de señal y de un controlador. El equipo se fabrica a prueba de chispa, para evitar la posibilidad de explosión.

Se colocan los sensores en las áreas donde se desea muestrear el nivel de fosfina. La señal generada por los sensores es enviada por un transmisor acoplado a cada sensor y enviada al controlador que puede encontrarse a varios miles de metros de distancia del sensor.

El controlador procesa la señal recibida y muestra en una carátula digital la concentración de fosfina, además de encender la alarma sónica y visual cuando la concentración llega al nivel pre-determinado.

Rango de detección	0—1 ppm
Respuesta	< 10 seg
Rango de temperaturas	10—30 C
Rango de humedad relativa	30—80%

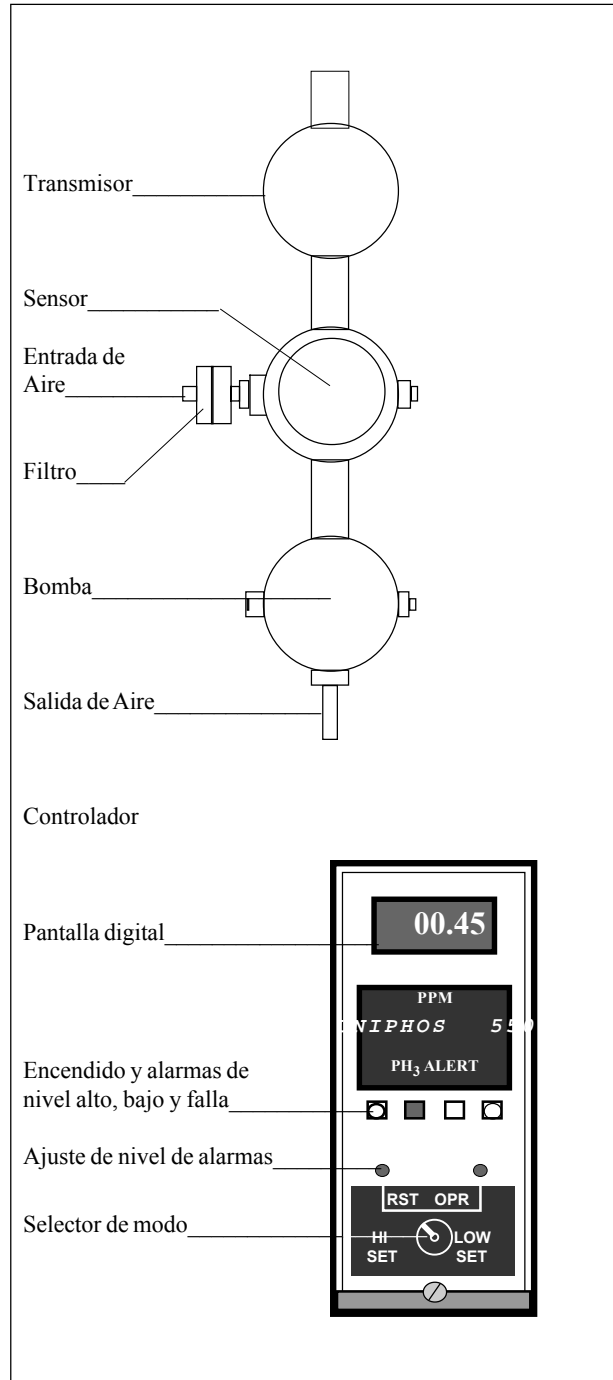


Fig. 13—Detector de Fosfina UNIPHOS 550 F

---

## Bomba Auxiliar

Durante la fumigación de locales grandes es necesario tomar numerosas lecturas de la concentración en varios puntos en el interior del local. Para la determinación de la concentración usando tubos colorimétricos el fumigante deberá ser aspirado desde el punto de muestreo hasta el tubo colorimétrico para obtener la lectura. Si se contara solamente con la bomba de muestreo del gas, transcurriría demasiado tiempo entre lecturas.

La bomba auxiliar (fig. 14) reduce el tiempo de muestreo al bombear el fumigante desde varias áreas y manteniendo una aspiración constante.

La construcción de estos aparatos es relativamente simple. Se unen y se sueldan unas válvulas a un pedazo de tubo. Este tubo se conecta en el punto de succión de la bomba. El tubo funciona como un múltiple que mantiene las mangueras llenas de la atmósfera muestreada.

A la bomba se debe conectar una línea de salida de suficiente longitud para estar seguros de que el fumigante sea expulsado del área de muestreo.

La bomba debe tener capacidad suficiente para aspirar unos 10

litros/minuto a través de cada una de las líneas del múltiple; cuanto mayor es el número de líneas, mayor es la capacidad requerida de la bomba.

Cada línea de muestreo se desconecta por turno de la bomba auxiliar, con la válvula cerrada. La línea se conecta luego a un equipo de conductividad térmica o a un detector de gases. Se hace la lectura, se vuelve a conectar la línea a la bomba auxiliar y se abre la válvula.

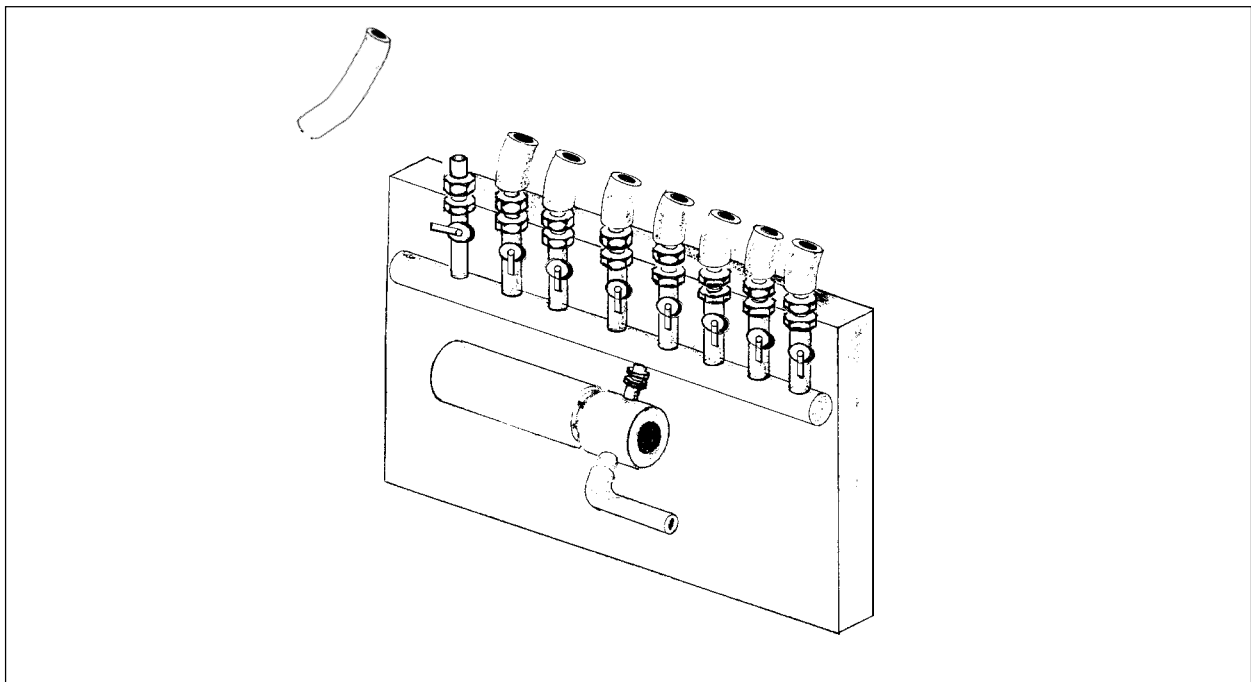


Fig. 14—Bomba Auxiliar

---

# Acción Biológica

rango de actividad muy amplio contra insectos y ácaros, en todos sus estados de desarrollo, desde huevecillo hasta adulto. Controla también roedores tanto en los almacenes como en el campo.

No tiene efectos adversos en la calidad o en las propiedades organolépticas de los productos tratados. Tampoco afecta la germinación de las semillas fumigadas. Los niveles de residuos son muy bajos.

granos comestibles y harinas, así como en alimentos procesados y en otros productos como tabaco, oleaginosas y frutas secas.

El gas fosfina muestra una excelente penetración en una gran variedad de mercancías; se distribuye uniformemente en todas direcciones.

Usado cuidadosamente presenta un riesgo bajo de inflamación o explosión.

no tiene efectos acumulativos; se degrada con rapidez en la atmósfera.

La clave: combinación correcta de concentración y tiempo de exposición. Si se usa una dosis menor a la requerida se obtendrá un control pobre. Si se sobre-dosifica, se aumentará innecesariamente el costo.

La dosis se determina considerando diversos factores:

1. Temperatura

La difusión de la fosfina es más rápida y efectiva a mayor temperatura y a mayor humedad relativa en el ambiente.

2. Tipo de Almacén o Local.

En silos muy herméticos, de acero o concreto, se requieren dosis menores que en locales o graneros de baja hermeticidad. En general, las fumigaciones de espacios grandes requieren menores dosis: la posibilidad de fugas es menor pues la relación superficie lateral a volumen es menor.

3. Plaga objetivo.

Algunas especies son más resistentes y por tanto requieren de dosis mayores para tener un control total.

El tiempo de exposición requerido depende de la profundidad del material a fumigar y de la temperatura. Debe tratarse de mantener los periodos de exposición estipulados para obtener buenos resultados.

En la tabla muestran dosis y tiempos de exposición a distintas temperaturas, que pueden servir de guía para obtener un buen control con **Fosforo de Aluminio**. Estos valores podrán ser ajustados de acuerdo con las condiciones de hermeticidad del local a fumigar.

## Dosis Contra Diversas Plagas

Distintas plagas muestran diversos grados de resistencia a la fosfina, aún del mismo género. La resistencia puede también variar con el estadio de vida.

**Insectos** — Algunas especies como *Stegobium peniceum* y *Lasioderma serricone* son muy susceptibles y requieren dosis menores. Otras como *Trogoderma granarium* y *Sitophyllus* spp. (en particular pupas) son muy resistentes, por lo que deben usarse las dosis más altas dentro de los rangos recomendados, según el tipo de almacén y mercancía.

**Acaros** — El control de ácaros requiere de dosis 15—20% mayores que el de los insectos. En infestaciones fuertes conviene extender el periodo de exposición.

**Roedores** — Normalmente son controlados con 1—2 tabletas por madriguera.



## TABLA DE DOSIS Y TIEMPOS DE EXPOSICIÓN

TIPO DE ALMACEN/ MERCANCIA	DOSIS (tabletas)	TEMPERATURA	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
<b>Silos</b> Fumigación de cereales a granel en estructuras verticales	2—5/ton	10—15 °C 16—20 °C 21 °C o mayor	120 horas 96 72
<b>Almacén Horizontal</b> Cereales a granel	2—3/ton	10—15 °C 16—20 °C 21 °C o mayor	120 horas 96 72
<b>Mercancía Empacada</b> Cajas de cartón permeables, granos, harinas, nueces, especias en sacos	1.6/m <sup>3</sup>	10—15 °C 16—20 °C 21 °C o mayor	120 horas 96 72
<b>Fumigación de Espacios</b> Molinos, estructuras vacías, bodegas de tabaco.	0.7/m <sup>3</sup>	10 °C o mayor	24 horas
<b>Mercancías Diversas</b> Tabaco, pieles, lana, madera, sub-productos animales.	2—5/ton o 2.1/m <sup>3</sup>	10—15 °C 16—20 °C 21 °C o mayor	120 horas 96 72
<b>Semillas</b> De cualquier tipo	2—3/ton	10—15 °C 16—20 °C 21 °C o mayor	120 horas 96 72

### NOTAS:

Las dosis se expresan en tabletas de 3.0 g de **Fosforo de Aluminio**, que desprenden 1 g de fosfina. Pueden usarse pellets de 0.6 g (con desprendimiento de 0.2 g de fosfina) en cuyo caso la cantidad de pellets es 5 veces mayor a la indicada para pastillas.

Si se usa un surtidor automático de pellets para mezclarlos con el grano al descargarlo en la bodega o silo, las dosis pueden reducirse 30%.

Tras el proceso de aireación, prácticamente no queda residuo alguno de fosfina.

La FAO ha establecido en su Codex Alimentarium un límite máximo tolerable de residuos de 0.10 ppm en vegetales crudos y de 0.01 ppm en productos vegetales deshidratados, harinas, cereales y especias.

Las tolerancias de residuos se establecen con base en la concentración de no efecto para animales de laboratorio multiplicada por un factor (usualmente x 100) y que es menor que la concentración de residuos encontrados en productos tratados a dosis, tiempos de exposición y condiciones normales.

---

# Concentración x Tiempo

Como ocurre con muchos fumigantes, la concentración requerida de fosfina es, dentro de ciertos límites intercambiable por tiempo de exposición; esto es, si es factible aumentar el tiempo de exposición, puede reducirse la concentración en la misma proporción. Alternativamente, si se aumenta la concentración es posible reducir proporcionalmente el tiempo de exposición. La susceptibilidad o resistencia de una plaga puede definirse en términos del producto "concentración x tiempo de exposición".

La tabla siguiente muestra los valores de "concentración x tiempo" requeridos para el control de diversas especies de insectos que son plagas de importancia en los granos almacenados con fosfina.

Especie/ Estadio	Toxicidad	Producto C x T g hr/m <sup>3</sup>	Exposición Temperatura
<i>Tribolium castaneum</i> (a)	LD <sub>90</sub>	11.5	24 hr — 27 °C
<i>Tribolium confusum</i> (a)	LD <sub>99</sub>	0.48	24 hr — 27 °C
<i>Trogoderma granarium</i> (l)	LD <sub>100</sub>	331.0	72 hr — 21 °C
<i>Tenebroides mauritanicus</i> (l)	LD <sub>99</sub>	5.0	24 hr — 27 °C
<i>Sitophilus oryzae</i> (a)	LD <sub>99</sub>	0.36	24 hr — 27 °C
<i>Sitophilus granarius</i> (a)	LD <sub>99</sub>	1.01	24 hr — 27 °C
<i>Rhyzopertha dominica</i> (a)	LD <sub>99</sub>	0.6	24 hr — 27 °C
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (a)	LD <sub>99</sub>	0.96	24 hr — 27 °C

(a) adulto; (l) larva

## TABLA DE DOSIS CONTRA DIVERSAS PLAGAS

APLICACION	PLAGAS		DOSIS (pastillas)
Granos almacenados	Barreno menor de los granos Picudo del café Gorgojo del frijol	<i>Rhizopertha dominica</i> F. <i>Araecerus fasciculatus</i> Deg. <i>Acanthoscelides obtectus</i>	3 a 6/ton 3 a 6/ton 1 a 2/m <sup>3</sup>
Barcos			3 a 6/ton
Camiones y carros de ferrocarril			10/ton
Bodegas y Locales varios	Carcoma del tabaco Escarabajo gigante de los granos (escarabajo del pan)  Polilla bandeada Palomilla de la India Polilla del tabaco y del cacao Polilla Mediterránea de la harina  Palomilla de los cereales Barrenillo de los granos Gorgojo dentado de los granos Gorgojo de los granos  Gorgojo del arroz Gorgojo del maíz Gorgojo negro de la harina Gorgojo castaño de la harina Gorgojo de la harina	<i>Lasioderma serricorne</i> F. <i>Tenebroides mauritanicus</i> L.  <i>Ephestia cautella</i> Wlk. <i>Plodia interpunctella</i> Hubn. <i>Ephestia elutella</i> H. <i>Ephestia kuehniella</i> Z.  <i>Sitotroga cerealella</i> Oliv. <i>Rhizopertha dominica</i> F. <i>Orizaephilus surinamensis</i> L. <i>Sitophilus granarius</i> L.  <i>Sitophilus oryzae</i> L. <i>Sitophilus zeamais</i> M. <i>Tenebrio molitor</i> . <i>Tribolium castaneum</i> H. <i>Tribolium confusum</i> J. de V.	1 a 3/m <sup>3</sup>
Agujeros y cuevas	Tuzas y roedores		1 a 2/agujero

---

# Equipos de Aplicación

## TUBOS INYECTORES

Para obtener una mejor distribución de las pastillas de **Fosforo de Aluminio**, se usan tubos inyectoros o sondas.

Los tubos se insertan en la masa de grano, hasta llegar al fondo; entonces se empiezan a sacar, y a intervalos pre-determinados, se van dosificando las pastillas.

A estos tubos pueden conectarse otros, según va aumentando la profundidad; puede agregársele en la parte superior un maneral o cruceta para que el operador se apoye y facilitar la introducción del inyector en la masa de grano.

Para evitar taponaduras con el grano y mejorar la distribución, los inyectoros se cortan en diagonal en la parte inferior y se les coloca una tapa con bisagras.

El inyector puede construirse con un tubo de PVC o de aluminio, de 32 mm (1 1/4") de diámetro y 1.50—2.00 m de largo para inyectar 20—60 pastillas o 100—300 pellets de **Fosforo de Aluminio**.

## DISTRIBUIDORES

Hay disponibles en el mercado dispositivos mecánicos o eléctricos para ir dosificando las pastillas o pellets, a intervalos regulares, sobre el grano en las bandas alimentadoras, al irlo introduciendo a las bodegas o estructuras de almacenamiento.

## GENERACION PREVIA DE FOSFINA

Estan en desarrollo diversos procedimientos para generar la fosfina previamente e introducirla directamente a los almacenes en forma gasificada. El objetivo es acortar el tiempo de exposición.

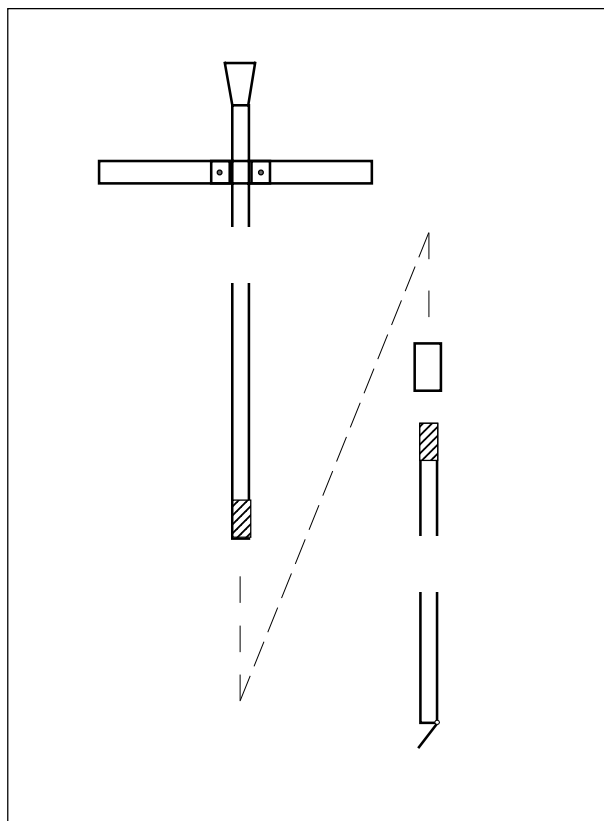


Fig. 15—Distribuidor Inyector

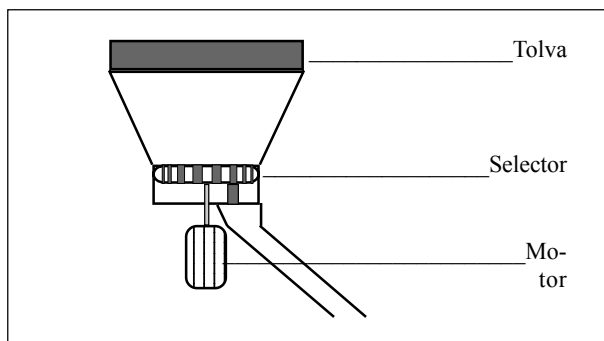


Fig. 16—Distribuidor de Pastillas de Fosforo de Aluminio

---

# Proceso de Fumigación

## PRINCIPIOS PARA UNA BUENA FUMIGACION

- eliminación de todas las especies de plagas, en todos los estados de desarrollo, en particular las más resistentes.
  - estándar de hermeticidad es alto y consistente.
  - la baja concentración de fosfina, por fugas del fumigante, afecta la efectividad de la fumigación; el aumento de la dosis no compensa las pérdidas por fugas.
  - Las dosis deben establecerse con base en los estadios más tolerantes de las especies más tolerantes, i.e., *Trogoderma spp.*
  - Se requiere un periodo de exposición de 5 días, a temperatura mayor de 25 °C, con objeto de:
    - a) asegurar la completa conversión del fosfuro de aluminio en fosfina.
    - b) por la alta resistencia de las pupas de *Sitophilus*.
- Cuando sea necesario fumigar una partida más de una vez, es recomendable verificar el nivel de residuos que no exceda de 0.1 ppm (0.150 mg/m<sup>3</sup>) que corresponde a la tolerancia establecida. Ver página 15.

## Precauciones Especiales para Fumigación de Semillas.

- Evitar las temperaturas muy altas.
- Asegurarse que las semillas se airean en forma debida inmediatamente después de terminar el periodo de exposición.
- Las semillas deben estar secas; su contenido de humedad no debe exeder del 12%.
- Las semillas a fumigar no deben estar envasadas en latas o sobres impermeables. Las semillas pueden estar en sacos o sobres permeables al aire para que pueda penetrar el fumigante.

## RECOMENDACIONES GENERALES

- mantenerse las dosis y tiempos de exposición y aireación recomendados.
- Las latas y tubos de **Fosfuro de Aluminio** deben abrirse solamente en áreas bien ventiladas.
- las areas a fumigar deben estar perfectamente selladas y asegurar que no existan fugas.
- La concentración permisible en el aire para exposición prolongada (TLV) es de 0.3 ppm V/V (0.4 mg/m<sup>3</sup>).
- La fumigación debe hacerse a presión atmosférica normal, no al vacío.
- Deben evitarse fumigaciones cuando la temperatura ambiente es menor de 10 °C y no deben hacerse si la temperatura es menor de 5 °C.

---

# Silos Verticales

Los silos verticales contruidos *ex profeso* para el almacenamiento de granos tienen en general las condiciones adecuadas de hermeticidad para fumigarlos con fosfuro de aluminio.

Sin embargo debe tenerse cuidado en verificar con un detector de fosfina los sistemas de ventilación, y las conexiones, ventilas, drenes y túneles para sellar todas las áreas donde pudiera haber fugas.

La cantidad requerida de pastillas o pellets de **Fosfuro de Aluminio KILLPHOS\*** se calcula con base en:

- a) Capacidad (volumen interior) del silo a fumigar.
- b) Volumen o tonelaje de material que se va a tratar.
- c) Velocidad media de llenado (ton/hr).
- d) Tiempo total para llenar cada silo.
- e) Temperatura y humedad dentro del silo.
- f) Plagas objetivo.

Para la fumigación de silos resulta muy práctico el uso de distribuidores que colocan las pastillas o pellets, de manera uniforme en la masa de grano al irse introduciendo al silo por medio de bandas o gusanos alimentadores.

Las pastillas pueden también ser distribuidas a mano a través de alguna ventanilla o registro de inspección, o bien dejándolas caer a intervalos regulares, sobre la banda de alimentación, al tiempo que se descarga el material al silo.

Aún teniendo una buena distribución de las pastillas, puede haber una distribución impropia del gas fosfina como consecuencia de corrientes convectivas en el interior del silo.

En silos grandes conviene instalar un sistema de recirculación con capacidad para producir un cambio del volumen total de aire cada 2—6 horas. No debe aumentarse mucho más la circulación de aire pues tienden a formarse canales por las rutas de menor resistencia, quedando partes sin fumigar.

Los motores del sistema de recirculación y cualquier instalación eléctrica deben ser a prueba de chispa y estar colocados en la parte exterior.

En la fumigación de silos deben tenerse las siguientes normas y cuidados:

- El área de trabajo de los operadores debe estar bien ventilada cuando se apliquen las pastillas. Proceder a cerrar y sellar herméticamente las ventanillas y registros inmediatamente después de terminar de introducir las pastillas.
- Colocar las señalizaciones de advertencia en forma prominente sobre los silos fumigados. No permitir que persona alguna entre a los silos fumigados o a los alrededores durante el tiempo de exposición.
- No se transfieran materiales en proceso de fumigación a otros silos.
- Una vez terminado el periodo de exposición y aireación, verificar con un detector colorimétrico que el nivel de fosfina no excede los límites permitidos, antes de permitir que los operadores entren al área fumigada.

## SILOS VERTICALES

Periodos recomendables de,

Exposición: 3 días

Aireación: 6 horas



Fig. 17—Introducción de Pastillas

---

# Estibas

Cuando el grano está en sacos y almacenado en estibas y el volumen del grano a fumigar es mucho menor que el de la bodega total, es factible cubrir la o las estibas a fumigar con una cubierta plástica para realizar el tratamiento, reduciendo la cantidad de fosforo requerido.

Antes de realizar el tratamiento debe verificarse que la estiba no esté colocada sobre un piso permeable y que no haya grietas, agujeros o conductos (agua, drenaje, etc.) por donde pueda fugarse el fumigante y crear riesgos de intoxicación en áreas comunicadas por estos conductos.

La cubierta de plástico puede ser de tela ahulada impermeable a la fosfina. En general resulta más práctico y económico usar película de polietileno de calibre 600 (6/1000"=152 micras) o mayor.

Las siguientes recomendaciones aplican a la fumigación de estibas de grano en costales:

- Los costales o sacos deben estibarse adecuadamente para formar una estiba de forma regular. De esta manera resulta más fácil y se evitan errores al calcular el volumen a fumigar.
- Siempre debe usarse una cinta para tomar medidas en las estibas. Nunca se deben estimar las medidas. Un error de medición de apenas 30 cm puede llevar a un error de cálculo de la dosis de hasta un 15%.
- La estiba debe formarse sobre tarimas para asegurar una buena circulación de aire en la parte inferior de la estiba; colocar unos sacos arriba y a los lados de la estiba para mantener un espacio de 30—40 cm entre la cubierta plástica y la parte superior de la estiba, con el mismo propósito.
- La cubierta plástica debe permitir cubrir la estiba como se indica en el punto anterior y un sobrante adicional de 1 m a cada lado para obtener un buen sellado en el piso.
- Verificar posibles fugas de gas con un detector de fosfina y proceder a sellarlas. En particular, se debe verificar alrededor de la estiba, en el suelo, en las esquinas, y donde están las mangueras de muestreo.

- Calcular el total de pastillas de **Fosforo de Aluminio KILLPHOS\*** a utilizar con base en el volumen total cubierto por la película plástica.
- Distribuir las tabletas en diversas partes de la estiba, preferentemente en charolas para obtener la mejor distribución posible, evitar la concentración o hacinamiento de pastillas para retirar con facilidad los residuos (hidróxido de aluminio) al terminar la fumigación. Usar un máximo de 60 pastillas por charola de 30 x 30 cm.
- Sellar la cubierta plástica al suelo utilizando almohadillas de arena o agua.
- Colocar prominentemente sobre las estibas y en puntos cercanos las señalizaciones de advertencia.
- Verificar periódicamente posibles fugas de fosfina. De detectarse alguna, proceder de inmediato a sellarla, usando la mascarilla anti-gas.
- Al terminar el periodo de exposición, proceder a abrir parcialmente la cubierta plástica, para iniciar el periodo de aireación; no retirar toda la cubierta hasta que este periodo haya transcurrido.
- Periodos recomendados de,

Exposición: 3 días

Aireación: 6 horas como mínimo



Fig. 18—Fumigación de Estibas

---

# Bodegas Horizontales

La fumigación de materiales a granel en bodegas horizontales implica problemas especiales, el primero de los cuales es la normalmente gran magnitud de la fumigación; la cantidad de fosforo de aluminio necesario es también importante y consecuentemente los riesgos.

En razón de lo anterior este tipo de fumigaciones deben estar a cargo de operarios bien preparados y de amplia experiencia.

En primer término deberá verificarse que la bodega esté libre de fugas y en su caso proceder a sellarlas. La temperatura en la masa de grano debe ser mayor de 5 °C.

Siempre conviene utilizar un inyector de fosforo de aluminio para lograr mejor penetración y distribución de las pastillas o pellets de **Fosforo de Aluminio**.

Para lograr una fumigación eficiente deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- Calcular anticipadamente el número total de pastillas requeridas para la fumigación y dividir el total entre el número de los puntos de inyección.
- Mantener abiertas las puertas y ventanas de la bodega durante el periodo de colocación del **Fosforo de Aluminio**.
- Insertar el inyector a intervalos de 1.00—1.50 m; introducirlo tan profundo como sea posible en la masa de grano. Introducir en el inyector, para cada punto de inyección, el número de pastillas o pellets requeridos de **Fosforo de Aluminio**. Al retirar el inyector, las pastillas o pellets irán quedando en la masa de grano, distribuidas adecuadamente.
- Los "puntos calientes" (ataque de insectos confinado a ciertos puntos) pueden ser tratados selectivamente por este método.
- Tener a la mano un detector de fosfina para localizar la posible presencia del gas.
- Si la bodega tiene varios pisos, iniciar la fumigación en el piso superior. El tiempo para distribuir el fosforo de aluminio en toda la bodega no debe exceder 4 horas.

- Inmediatamente después de terminar de distribuir las pastillas se recomienda cubrir toda la masa de grano con una cubierta plástica. Esto evitará fugas y hará más efectiva la fumigación.
- Proceder ahora a cerrar y sellar todas las puertas, ventanas y drenes.
- Colocar las señalizaciones de advertencia en todas las entradas a la bodega o al edificio.
- Retirar de los cuartos o instalaciones aledaños todas las personas o animales domésticos que pudieran estar expuestas al fumigante.
- Una vez transcurrido el periodo de exposición, retirar las cubiertas plásticas, empezando por el centro y prosiguiendo hacia las puertas de salida. Los operarios deben usar las mascarillas de gas aprobadas para fosfina.
- Airear la bodega, de ser factible, durante varios días.

## BODEGAS HORIZONTALES.

Periodos recomendados de,

Exposición: 3 días

Aireación: 6 horas mínimo



Fig. 19—Fumigación de Bodegas Horizontales



---

# Trailers, Carros de Ferrocarril, Barcos

Estas fumigaciones son en general semejantes al tratamiento de bodegas, puesto que los tratamientos a cajas de transportes terrestres o a galeras de barcos encuentran analogías con los correspondientes a bodegas fijas.

Cuando los tratamientos se hacen con fines cuarentenarios, intervienen otros elementos y restricciones, principalmente de tiempo. Las recomendaciones para situaciones análogas en otras aplicaciones son aplicables:

- Las pastillas deben distribuirse lo más uniformemente posible. En el piso de trailers, camiones o carros de ferrocarril, y con inyectores como los de bodegas horizontales en el caso de bodegas de barcos.
- En ocasiones no es factible, por razones fiscales, abrir los carros de ferrocarril para hacer la fumigación. En este caso las pastillas pueden colocarse distribuidas alrededor de las puertas, en cajillas o redes, para posteriormente cubrirlas con la cinta de sellado.
- Pueden fumigarse varios contenedores bajo una sola cubierta plástica. Si se fumigan varios contenedores en una sola fila, colóquense de forma que las puertas abran hacia el mismo lado. Si los contenedores se colocan en dos filas, entonces todas las puertas deben abrir hacia el pasillo central, una frente a otra. El pasillo debe ser por lo menos, de 1.00 m de ancho. Todas las puertas deben estar abiertas de par en par. Por debajo de la carga, debe proveerse un espacio de 5—10 cm.
- En fumigaciones a bodegas de barcos, normalmente de grandes dimensiones deben seguirse las indicaciones de fumigación en bodegas horizontales, usando inyectores para distribuir las pastillas dentro de la masa de grano.

Tener en cuenta que la fosfina reacciona con compuestos de cobre, plata y oro. Cubrir con parafina los contactos e interruptores eléctricos.

Debe verificarse cuidadosamente que las bodegas o galeras a fumigar estén perfectamente selladas y asegurarse que todo el personal del barco ha sido desembarcado.

- Constatar con un detector la ausencia de gas fosfina en todas las áreas a bordo antes de permitir el acceso a la tripulación.
- De ser necesario, usar cubiertas plásticas para cubrir el grano o sellar puertas, escotillas, ventanas, ductos de aire, y cualquier grieta o agujero por donde pudiera fugarse el fumigante.

En caso de usar cubiertas plásticas, cuidar que estén debidamente aseguradas para evitar que puedan ser desgarradas o arrancadas por el viento.

- Se requiere verificar que no haya fugas alrededor del espacio fumigado, en el suelo, en las esquinas, y donde están las mangueras de muestreo y en su caso, proceder a sellarlas.
- No debe realizarse la fumigación si la temperatura de la masa de grano es menor de 5 °C; el control puede resultar pobre y tomará más tiempo la aireación.
- Colocar en forma prominente las señalizaciones de advertencia, en todos los puntos que se considere necesario para evitar la entrada de personas al área de fumigación.

Periodo recomendado de,

Exposición: 72—96 horas  
Aireación: 6 horas

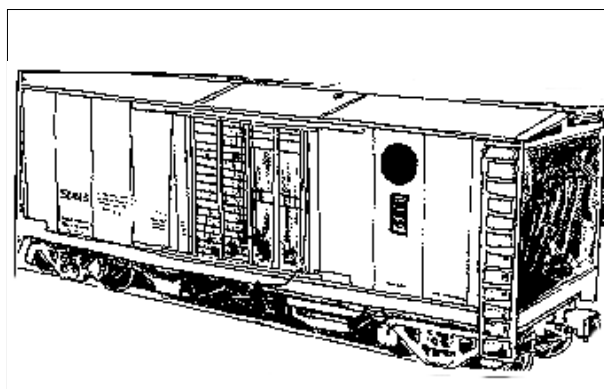


Fig. 20—Fumigación en Furgones

---

# Tabaco y Productos Diversos en Sacos y Cajas

El Fosforo de Aluminio KILLPHOS\* es altamente efectivo contra plagas del tabaco.

Puede aplicarse a tabaco en rama o procesado, a granel, en pacas, en cajas o en "bocoys". Puede también usarse para una gran diversidad de productos, comestibles, granos, frutas secas, etc., empacadas en cajas o sacos.

Tiene muy buena penetración, aún en cajas y bocoys o en pacas prensadas. Sin embargo, algunos materiales de empaque son impermeables a la fosfina: el celofán, el plástico, los materiales cubiertos de cera, laminados y papel impermeabilizado. Es necesario quitar, perforar o abrir toda cubierta impermeable. Tratándose de cajas, recipientes o paquetes con cubiertas o envolturas impermeables, se requiere abrir la tapa de arriba o del costado y colocar el paquete con la parte abierta hacia un lado.

Las siguientes indicaciones deberán considerarse al fumigar pacas de tabaco y otras mercancías en cajas, pacas y sacos:

- Mantener baja la dosis cuando se fumiga tabaco, que es muy sensible y puede absorber olores indeseables.
- Si no hay experiencia en el uso del fosforo de aluminio, conviene hacer pruebas en pequeña escala antes de realizar fumigaciones comerciales.
- Tener en cuenta que la fosfina reacciona con compuestos de cobre, plata y oro. Se recomienda cubrir con parafina los contactos e interruptores eléctricos.
- Cuando se fumigue tabaco en estibas, distribuir las pastillas en charolas alrededor de la estiba, no más de 60 pastillas por charola de 30 x 30 cm. Proceder entonces a cubrir la estiba con una cubierta plástica, a sellar con cinta adhesiva las esquinas. Colocar las almohadillas de arena o agua para sellar la cubierta plástica en el piso, alrededor de la estiba.
- Cuando la fumigación abarque varias estibas, hay que dejar un espacio entre ellas. Después de cubrirlas deberá haber aproximadamente 1.50 m entre una estiba cubierta y la siguiente.

Periodo recomendado de,

Exposición: 8—10 días  
Aireación: 10—12 horas



Fig. 21—Fumigación de Tabaco en Cajas.



Fig. 22—Fumigación de Mercancía en Sacos de Papel

---

# Molinos de Harina, Lecherías y Estructuras.

La buena difusión y penetración de la fosfina permite obtener muy buen control de todo tipo de insectos en fumigaciones de una gran diversidad de estructuras y edificios donde se manejan o procesan comestibles y alimentos para ganado.

En general, la fumigación de las estructuras, molinos y lecherías, presenta problemas que no se encuentran en otros tipos de fumigación. La gran cantidad de gas requerida y el hecho de que la configuración de las estructuras es muy variable, hacen indispensable que los operarios sean fumigadores expertos con amplia experiencia.

Al realizar este tipo de fumigaciones deberán considerarse los siguientes puntos:

- Sellar adecuadamente toda la estructura o la parte de ella que se vaya a fumigar. Cubrir y sellar todas las puertas, ventanas, salidas de aire acondicionado, grietas, etc.
- Verificar alrededor del espacio fumigado, en el suelo, en las esquinas, y donde están las mangueras de muestreo. Cuando se detecte una fuga, se deberá proceder a sellarla.
- Al tiempo de sellar cuidar que la película plástica no quede en contacto con aristas, orillas o materiales que pudieran rasgar o perforar la película. Usar almohadillas o piezas de tela o de plástico para proteger la cubierta plástica.
- La fosfina reacciona con compuestos de cobre, plata y oro, por lo que se recomienda cubrir con parafina los contactos e interruptores eléctricos.
- Calcular anticipadamente el número de tabletas requeridas de acuerdo al volumen de la estructura a fumigar, la temperatura ambiente, la temperatura de la mercancía y la hermeticidad del local.
- Distribuir las pastillas o pellets en charolas, película de aluminio o equivalente, colocadas en el piso, para retirar con facilidad los residuos de hidróxido de aluminio. No colocar más de 60 pastillas por charola de 30 x 30 cm,

- Colocar las señalizaciones de advertencia en las puertas de la estructura y en otros lugares prominentes.
- Una vez transcurrido el periodo de exposición, proceder a abrir puertas y ventanas para iniciar la aireación del local. Si se requiere entrar al edificio, deben usarse mascarillas de cara completa, aprobadas contra gas fosfina.
- El tratamiento puede complementarse con la aspersión de área circundante a las estructuras, por lo menos dos veces con una formulación de algún insecticida residual.

Los periodos recomendados de,

Exposición: 24 horas  
Aireación: 6 horas como mínimo



**Fig. 23—Fumigación de Molinos de Harina**

---

## Aireación

Una vez terminado el periodo de exposición, se procede a iniciar el proceso de aireación, transcurrido el cual, puede liberarse la mercancía.

En fumigaciones bajo cubierta plástica, una vez que se certifica con un detector de fosfina que la concentración es menor de 10 ppm se quitan las almohadillas de sellado y se suelta la cubierta plástica.

Tratándose de fumigaciones en interiores puede ser necesario instalar un ducto de extracción que debe extenderse por lo menos 10m fuera del edificio o mediante una chimenea vertical a través del techo. En fumigaciones al exterior no se requiere ducto de extracción.

Los ductos de extracción y los extractores deben tener una capacidad mínima de 100 m<sup>3</sup>/min.

En todo momento debe asegurarse que los operadores que realizan la fumigación y el proceso de aireación no están expuestos a niveles de fosfina mayores de 10 ppm por periodos de menos de 1 hora. En caso de duda se recomienda el uso de mascarillas de cara completa con filtro contra fosfina. Ver Sección sobre Seguridad y Primeros Auxilios. Si el nivel de fosfina se encuentra arriba de 10 ppm se recomienda el uso de respiradores auto-contenidos.

En el caso de fumigaciones en barcos, el fumigador debe abrir el ducto de extracción en el punto más lejano para permitir la entrada de aire fresco. Encender el sistema de extracción de aire asegurándose que la salida esté del lado abajo de la dirección del viento. La tripulación no debe permanecer a bordo durante el periodo de exposición y no debe abordar sino hasta terminar el proceso de aireación.

## Combate de Roedores

**El Fosforo de Aluminio KILLPHOS\*** es muy efectivo contra todo tipo de roedores, conejos, termitas, hormigas y víboras.

- Cubrir con tierra todos los agujeros y madrigueras la noche anterior a la fumigación.
- A la siguiente mañana, colocar las tabletas o pellets distribuídas entre las principales entradas activas.
- Cerrar las entradas donde se colocaron las pastillas con tierra o bolas de papel periódico húmedo. Evitar que las pastillas queden cubiertas por tierra. Funcionarán mejor si quedan en algún espacio libre dentro de la madriguera.
- Verificar periodicamente indicaciones de actividad en las madrigueras tratadas para repetir el tratamiento donde sea necesario.



Fig. 24 —Madrigueras de Tuzas

---

# Disposición de Residuos

El fosforo de aluminio al reaccionar con la humedad del aire forma gas fosfina y queda como residuo hidróxido de aluminio, que es un material inerte e inocuo, en forma de un polvo blancuzco.

El hidróxido de aluminio es un material natural que no se considera un contaminante del ambiente.

Quedan además residuos de la parafina y otros materiales aglutinantes y estabilizadores que forman parte de las pastillas de fosforo de aluminio.

La forma de disponer adecuadamente de estos residuos es la siguiente:

- Llenar hasta la mitad con agua una cubeta de 11—15 litros de capacidad y agregar unos 100 gramos de detergente casero líquido.
- Echar el polvo de las charolas o del recipiente en que fue recogido al terminar la fumigación en la cubeta con agua. Nunca verter agua sobre el polvo! Agitar muy bien usando un palo o varilla de plástico hasta que todo el polvo se precipite al fondo.
- Dejar así la mezcla de polvo con agua hasta que dejen de salir burbujas, que es la indicación de que la descontaminación es ya completa.
- La mezcla resultante puede tirarse en algún basurero o terreno aprobado para recibir residuos no tóxicos. No se tire al drenaje doméstico pues pudiera provocar taponaduras.
- Los envases (latas y tubos) deberán ser destruidos, y enterrados en el suelo.

---

## Puntos Esenciales a Recordar!

- Abrir el envase al aire libre o cerca de una ventana, justo antes de usarlo.
- Usar todo el contenido del envase en una sola operación. En caso que queden tabletas o pastillas, sellar cuidadosamente el envase con cinta adhesiva.
- Mantener los envases en un lugar seguro, fresco y seco; y fuera del alcance de niños y animales domésticos.
- Sólo permitir que personal debidamente entrenado maneje el **Fosforo de Aluminio**.
- Cerrar y sellar todas las puertas y ventanas de la estructura o espacio que se está fumigando tan pronto se hayan distribuido las tabletas o pellets.
- Tener a la mano mascarillas de seguridad aprobadas para fosfina, previendo posibles situaciones de emergencia.
- Usar las mascarillas cuando se abran ventanas en el local fumigado o se retiren las cubiertas, después de la fumigación.
- Atenerse estrictamente a los tiempos recomendados de exposición. La descomposición incompleta de las pastillas puede poner en peligro el éxito de la fumigación y la seguridad de los operadores.
- Colocar letreros de **PELIGRO** en lugares prominentes; impedir la entrada a la estructura fumigada hasta que se termine el periodo de aireación.
- No fumar, comer, ni beber mientras se estén manejando las tabletas o pellets de **Fosforo de Aluminio**. Es aconsejable usar guantes. Lavarse la cara y las manos después de usarlo.
- No respirar la fosfina; puede causar la muerte, aún en cantidades muy pequeñas.
- No entrar a un lugar que esté siendo fumigado, salvo que sea absolutamente indispensable. De tener que hacerlo, usar siempre la mascarilla y cartuchos aprobados contra gas fosfina.
- No fumigar un edificio habitado sin antes haber retirado a todas las personas y animales domésticos, por todo el periodo de fumigación y aireación. Esta advertencia aplica a bodegas, casas o viviendas aledañas.
- Evitar el contacto del **Fosforo de Aluminio** con el agua u otros líquidos. La reacción del fosforo de aluminio con el agua es violenta y exotérmica; puede ocurrir la auto-inflamación en forma explosiva.
- Nunca realizar la fumigación solo. Siempre debe haber más de un operador.



Fig. 26—Fosforo de Aluminio - El Fumigante Ideal!

---

# Seguridad y Primeros Auxilios

## MANEJO DEL FOSFURO DE ALUMINIO

Deberán seguirse las siguientes normas generales de seguridad.

1. El peligro varía con la concentración, el volumen del local y las condiciones físicas de los trabajadores (alergias, problemas respiratorios o cardíacos, etc.)
2. Es importante: conocer las características del fosfuro de aluminio, utilizar el equipo adecuado para efectuar la fumigación y conocer los primeros auxilios a administrar en caso de accidente. Utilizar ropa protectora adecuada y guantes de neopreno. No se debe comer, beber o fumar en las áreas en que se esté usando el fosfuro de aluminio.
3. El área alrededor del local que se está fumigando deberá estar bien ventilada. Los operadores deberán colocarse en favor del viento.
4. Si fuera necesario permanecer en el área, el aire deberá ser monitoreado para determinar si están presentes concentraciones peligrosas del fumigante. En ningún caso el operador deberá exponerse a concentraciones que rebasen el estándar mínimo de seguridad. Se deberá tener siempre a la mano un aparato respirador auto-contenido, para situaciones de emergencia.
7. El uso de respiradores es obligatorio para acercarse a menos de 10 m del lugar de la fumigación, o cuando se excede el umbral de seguridad (5 ppm ). Por breves períodos y para concentraciones abajo de 15 ppm pueden usarse máscaras anti-gas con cartucho color olivo GMHS-SSW, MSA 487103 contra fosfina. Arriba de este nivel deben usarse respiradores autocontenidos.
8. Las personas que trabajan regularmente con el fosfuro de aluminio deben ser sometidas periódicamente a exámenes físicos, que conviene arreglar anticipadamente con un centro médico local.

9. Deberán exponerse letreros claramente visibles con los números telefónicos de hospitales locales, médicos y centros médicos de emergencias.
10. Los trabajadores deben aprender a reconocer los signos y síntomas de intoxicación por fosfuro de aluminio. Se deberá dar un adecuado entrenamiento a todos ellos.
11. Los supervisores deben vigilar la aparición de señales de fatiga. Los riesgos de accidentes aumentan en trabajadores cansados.
12. Deberá existir un respirador de aire autocontenido para cada operador, además de uno destinado para rescate de emergencia.

El respirador auto-contenido (fig. 27) proporciona una fuente de aire no contaminado suministrado por un tanque de aire comprimido. El tanque y el regulador de aire son semejantes a los usados por los buceadores.

La mascarilla usa un regulador de presión a demanda que admite aire del tanque cuando el usuario empieza a aspirar y se reduce cuando exhala. La mascarilla debe ajustar muy bien a la cara por lo que debe cuidarse que las patillas largas, la barba o los lentes no interfieran con el ajuste.

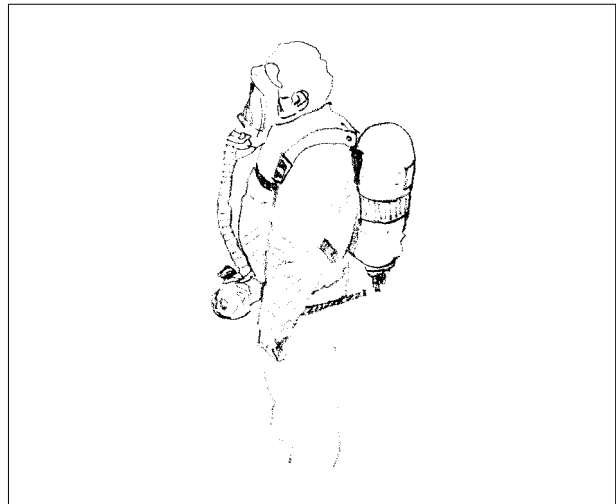


Fig. 27— Respirador Autocontenido

---

El principal riesgo al manejar el fosforo de aluminio es la inhalación y en segundo, el incendio y explosión.

El mayor riesgo de inhalación ocurre al aplicar las pastillas, por fugas de la cubierta plástica y durante la aireación. El amoníaco que se desprende del carbamato de amonio de las pastillas de fosforo de aluminio sirve como agente delator; esta es la primera indicación del desprendimiento del gas fosfina.

La fosfina tiene un olor característico a carburo o ajos y se identifica con facilidad. Aún así, es importante evitar la exposición al fumigante y usar el respirador auto-contenido cuando quiera que se considere pudiera haber una exposición accidental.

## **RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSION.**

La reacción del fosforo de aluminio con la humedad atmosférica produce el gas fosfina, y es una reacción exotérmica y violenta.

Las pastillas y pellets de **Fosforo de Aluminio** son formuladas cuidadosamente para evitar este riesgo, agregándoles materiales estabilizantes que modulan la velocidad de la reacción.

En todo caso deben tenerse las precauciones necesarias:

- Abrir las latas en lugares abiertos y evitando la exposición a los gases que pudieran estar acumulados.  
  
Esta precaución es particularmente deseable en condiciones de alta humedad relativa o cuando el producto ha estado almacenado por mucho tiempo.
- Distribuir las pastillas lo mejor posible evitando la concentración de muchas pastillas en un solo lugar.
- Evitar cualquiera exposición de los envases o las pastillas al contacto directo con el agua.

En caso de incendio usar extinguidores a base de polvo seco, carbonato de sodio, cal o arena. Nunca usar agua, espuma o algún otro producto que contenga agua o humedad.

## **ALMACENAJE.**

Almacenar bajo llave en un área seca, fresca, y bien ventilada. Destinar esta área como bodega para plaguicidas. Evitar la exposición a la lluvia o otras fuentes de agua.

Los desperdicios de plaguicidas son tóxicos. La eliminación impropia de los sobrantes de plaguicidas constituye una violación a las normas contra la contaminación ambiental.

## **PROTECCION AL AMBIENTE.**

El fosforo de aluminio y el gas fosfina son tóxicos para peces y animales silvestres. No contaminar lagos, arroyos ni depósitos de agua. No enjuagar ahí el equipo contaminado ni verter sobrantes del producto.

## **CONTAMINACION DE LA PIEL.**

Lavar la piel profusamente con agua corriente de una regadera, manguera o llave. La rapidez en hacerlo es de la mayor importancia para reducir la gravedad de los daños. Quitarse de inmediato la ropa contaminada.

## **CONTAMINACION DE LOS OJOS.**

Mantener abiertos los párpados del paciente mientras se lavan de inmediato, suavemente, con agua corriente. El retraso, aún de unos cuantos segundos en lavar los ojos, aumenta los daños.

Continuar el lavado hasta que llegue el médico. No se apliquen productos químicos pues pueden agravar el problema.

## **EN CASO DE INGESTION.**

Extraer el fosforo de aluminio por lavado gástrico usando 5—10 litros de agua.



---

# Respiración Artificial

Si alguna persona ha sido expuesta al fumigante, debe ser alejada inmediatamente del área contaminada, trasladarla al aire fresco y avisar a todo el personal. No debe permitírsele caminar.

## No entrar al área contaminada sin un respirador

Si existe la insuficiencia respiratoria, **dar respiración artificial**. Esto debe tener prioridad sobre los demás primeros auxilios. Llamar al médico inmediatamente.

Mantener al paciente caliente, cómodo y lo más quieto posible. Si se presentan convulsiones, sujétese suavemente al paciente para prevenir lesiones; el paciente debe estar en cama, en un cuarto con poca luz. Evitar el ruido.

Abrir todas las puertas y ventanas. Aflojar ropa y prendas ajustadas. No administrar alcohol en forma alguna.

Por ninguna circunstancia permitir que el paciente regrese al trabajo antes de 48 horas de la exposición; se requiere este lapso de tiempo para eliminar la fosfina del organismo.

## RESPIRACION ARTIFICIAL

1. Para saber si una persona está respirando, acostarla boca arriba; poner el oído cerca de su boca. Si respira, se podrá sentir su respiración y ver su pecho expandirse y contraerse.

2. Si la persona ha dejado de respirar, levantar su cuello con una mano y con la otra empujar hacia abajo la frente. Esto abrirá las vías respiratorias y la persona podría comenzar a respirar.

3. Si la víctima no responde poner una mano debajo de su cuello, de manera que su cabeza quede reclinada hacia atrás, con la barbilla levantada. Oprimir las ventanas de su nariz con los dedos de la otra mano.

Inspirar profundamente y con la boca tapan completamente la boca de la persona intoxicada. Soplar el aire en su boca. Cuando su pecho se levanta, despegar su boca y dejar que el pecho del intoxicado baje por sí solo.

Repetir este proceso cada 5 segundos y no parar hasta que la persona comience a respirar o llegue ayuda médica.

### 1. Está la persona respirando?



### 2. Abrir las vías respiratorias!



### 3. Respiración artificial!

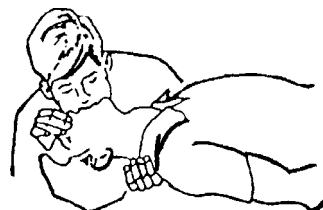


Fig. 28—Respiración Artificial

---

# Recomendaciones al Médico

## ANTIDOTO EN CASO DE INGESTIÓN.

Extraer el veneno por lavado gástrico usando 5—10 litros de agua.

Si no está disponible un tubo gástrico, administrar 1 litro de agua y estimular el vómito. Repetir el procedimiento 3 veces por lo menos.

Administrar 120 ml de aceite mineral seguido de 30 g de sulfato de sodio disuelto en 250 ml de agua. Repetir cada 2 horas.

Administrar una solución de sulfato de cobre antes del emético. Agregar 30 g de leche de magnesia o la clara de 2—3 huevos. Evitar las grasas y aceites. Administrar una solución de permanganato de potasio 1:5000 en agua.

## TRATAMIENTO.

Sintomático-respiración artificial, tratamiento con oxígeno y administración de un tónico cardíaco y algún medicamento para estimular la circulación sanguínea.

Bajo ciertas circunstancias puede ser indicado transfusiones de sangre o la infusión de soluciones salinas isotónicas o glucosa.

En caso de edema pulmonar debiera inyectarse una solución hipertónica de glucosa.

## OBSERVACIONES.

La aparición de los síntomas puede ocurrir inmediatamente tras la exposición o demorar varias horas, dependiendo de la cantidad de gas inhalado o tragado.

A dosis bajas la fosfina puede provocar fatiga, palidez, náusea, opresión pectoral, ansiedad y zumbido de oídos, molestias que desaparecerán con aire fresco.

A dosis altas se producirá náusea, mayor fatiga, dolores abdominales, vómito, diarrea y dolores fuertes en el pecho.

Las concentraciones muy altas causarán náusea aguda, cianosis, anoxia, pérdida del sentido, coma y eventualmente la muerte,

que puede ser inmediata o precedida de pérdida de control y colapso de los sistemas básicos.

Administrar respiración artificial u oxigenoterapia.

## ESTUDIOS TOXICOLÓGICOS

Oral aguda en ratones LD <sub>50</sub>	35	mg/kg
Oral aguda en ratas LD <sub>50</sub>	27	mg/kg
Dermal aguda en ratas LD <sub>50</sub>	430	mg/kg
Dermal aguda en conejos LD <sub>50</sub>	364	mg/kg
Irritación primaria a la piel	1—2/5	Ligera
Irritación a las membranas mucosas	1—2/5	Ligera
Peces ( <i>Talapia mosambica</i> ) LD <sub>50</sub>	0.24	ppm
Peces ( <i>Salmo gairdneri</i> ) LD <sub>50</sub>	0.52	ppm

## EXPOSICION POR INHALACION A FOSFINA






















Concentración (ppm)	Efectos Físicos
1—1.5	Primera percepción del olor
7	Soportable sin síntomas por varias horas. Intoxicación grave o muerte en exposición de 1—3 días.
10	Exposición tolerable durante 1 hora.
100	Máxima concentración tolerada en exposición durante 30 min.
400—600	Peligro de muerte después de exposición durante 30—60 min.
2000	Muerte en exposición de unos cuantos minutos.

## TOLERANCIAS ESTABLECIDAS

TLV	=	USA 0.3 ppm; Europa 0.1 ppm
STEL	=	1 ppm

## PLAGAS DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS

Nombre Común	Nombre Científico	Tamaño Adulto	Color del Adulto	Ciclo de Vida	Estadio Destructivo	Mercancía Atacada	Características
Gorgojo de los graneros	<i>Sitophilus granarius</i> (L)	2—5 mm	Café rojizo a café obscuro	40—120 días	Larvas y adultos	Trigo, arroz, maíz jowar	Cosmopolita. Daños secundarios por moho por humedad excesiva
Gorgojo del arroz	<i>S. orizae</i> (L)						
Gorgojo del maíz	<i>S. zeamais</i> (M)						
Barrenador menor de los granos	<i>Rhizopertha dominica</i> (F)	2—3 mm	Negro	30 días	Larvas y adultos	Granos, harinas	Cosmopolita. Gorgojos de fuertes mandíbulas vacían el grano
Palomilla Angoumois	<i>Sitotroga cerealella</i> (O)	Longitud 6—9 mm Alas 13—19 mm	Buff	60 días	Larvas	Granos almacenados, granos muy húmedos en campo	Distribuido en todo el mundo. Activo en clima frío
Palomilla de la India	<i>Plodia interpunctella</i> (H)	Longitud 10 mm Alas 14—20 mm	Blanco grisáceo y café rojizo	30—300 días	Larvas	Granos y gran variedad de productos comestibles	Distribución mundial. Confinado a profundidad de 20 cm formando red de seda junto con los sacos de las pupas
Palomilla Mediterránea de la harina	<i>Ehpestia kuehniella</i> (Z)	Longitud 10—14 mm Alas 20—22 mm	Gris claro a blancuzco	45-70 días	Larvas	Harina, nueces, frutas secas, molinos de harina y productos comestibles en el almacén	Las redes sedosas tejidas por las larvas interfieren con la operación del molino
Gorgojo confuso de la harina	<i>Tribolium confusum</i> (J.duV.)	3—5 mm	Café rojizo	60—85 días	Larvas y adultos	Todos los cereales y maltas	Distribución mundial. Sobrevive bajas temperaturas
Gorgojo rojo de la harina	<i>Tribolium castaneum</i> (H)	3—5 mm	Café rojizo	90—150 días	Larvas y adultos	Cereales, frutas secas, especias	Cosmopolita
Gorgojo serrado de los granos	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L)	2.5—3.5 mm	Café obscuro	30—70 días	Larvas y adultos	Cereales y derivados, tabaco, caña, nueces	Mundial. Su forma plana favorece infestación de productos en pacas
Gorgojo Cadella del pan	<i>Tenebroides mauritanicus</i> (L)	11 mm	Negro brillante	4—10 meses	Larvas y adultos	Molinos, silos, almacenes granos y derivados	Cosmopolita. Prefiere lugares oscuros
Gorgojo plano de los granos graneros	<i>Cryptolestes pusillus</i> (S)	2 mm	Café rojizo	35—65 días	Larvas y adultos	Harina y granos	Gorgojos minúsculos. Infestación asociada con el gorgojo de los
Gorgojo de Khapra	<i>Trogoderma granarium</i> (E)	2—3 mm	Café rojizo a café muy obscuro	30—45 días	Larvas y adultos	Almacenes, silos, molinos, malta y granos	Cosmopolita
Gorgojo de los almacenes	<i>Stegobium paniceum</i> (L)	2—3 mm	Café rojizo	70—200 días	Larvas y adultos	Granos y derivados	Cosmopolita y omnívoro
Gorgojo de los cueros	<i>Dermestes lardarius</i> (L) <i>Dermestes maculatus</i> (D.G)	7—9 mm	Negro	70—200 días	Larvas y adultos	Cuero y procesadoras de alimentos	Distribución mundial
Gorgojo copra	<i>Necrobia rufipes</i> (D)	5 mm	Azul verdoso brillante	40—100 días	adultos	Carne seca	Cosmopolita; predadores de otras larvas
Gorgojo del café	<i>Aracerus fasciculatus</i> (D)	1.5—4 mm	Café obscuro con manchas café claro	60—100 días	Larvas y adultos	Café y cacao en grano; maíz, frutas secas, especias	Distribución mundial
Gorgojo de los cigarrillos	<i>Lasioderma serricorne</i> (P)	2—4 mm	Café rojizo claro	50 días	Larvas y adultos	Tabaco almacenado	Cosmopolita. También infesta cereales
Palomilla de los almacenes	<i>Euphestia cautella</i> (W)	Longitud 13 mm Alas 10—20 mm	Gris claro	45—70 días	Larvas	Cereales	Cosmopolita
Palomilla del tabaco	<i>Euphestia elutella</i> (H)						
Gorgojo araña de Australia	<i>Ptinus tectus</i> (B)	2—2.5 mm	Café obscuro rojizo	4—6 meses	Larvas y adultos	Alfombras y pieles	Cosmopolita. Prefiere temperaturas bajas
Gorgojo negro de los tapetes	<i>Attagenus pelli</i> (L)	5 mm	Negro mate	Más de 1 año	Larvas y adultos	Pieles, cueros, muebles, textiles	Distribución mundial
<b>Roedores</b>							
Rata Bandicoot	<i>Bandicota bangalensis</i>	Longitud 36—48 cm	Pelo café obscuro corto y grueso				Ataca cultivos en campo y alimentos almacenados
	<i>B. indica</i>	Longitud 51—68 cm	Pelo negro muy grueso, con espinas				
Ratón de campo	<i>Mus booduga</i>	Longitud 9—16 cm	Café				Ataca cultivos en campo
Rata gerbil	<i>Tatera indica</i>	Longitud	Café				Ataca cultivos en campo

					
<i>Sitophilus granarius L.</i>	<i>Sitophilus oryzae L.</i>	<i>Lasioderma serricorne F.</i>	<i>Cryptolestes ferrugineus Steph.</i>	<i>Stegobium paniceum L.</i>	<i>Tribolium confusum J. du V.</i>
					
<i>Carpophilus hemipterus L.</i>	<i>Aracerus fasciculatus Deg.</i>	<i>Necrobia rufipes Deg.</i>	<i>Rhizopertha dominica F.</i>	<i>Orizaephilus surinamensis L.</i>	<i>Trogoderma granarium Everts.</i>
					
<i>Acarus siro L.</i>	<i>Dermestes lardarius L.</i>	<i>Gnathocerus cornutus F.</i>	<i>Attagenus pellio L.</i>	<i>Anthrenus scrophulariae L.</i>	<i>Tenebroides mauritanicus L.</i>
					
<i>Plodia interpunctella Hubn.</i>		<i>Ephestia cautella Wlk.</i>		<i>Sitotroga cerealella Oliv.</i>	

Cortesía de United Phosphorus Limited, Bombay, India