

Intoxicación por fosfina en el personal sanitario

Francisco Arredondo Trujillo^{1*}, Martha Patricia Hurtado Pérez¹ y Yaocihuatl Castañeda Borrayo²

¹Unidad de investigación, docencia y apoyo clínico en salud en el trabajo, Hospital General Regional N.º 46, Instituto Mexicano del Seguro Social, Guadalajara, Jal.; ²Servicio de Salud en el Trabajo, Delegación Jalisco, Instituto Mexicano del Seguro Social, Guadalajara, Jal.

Resumen

El gas fosfina constituye una potencial y grave causa poco conocida de intoxicación de índole profesional del personal médico y de enfermería durante la atención de pacientes que ingieren voluntariamente fosfuros rodenticidas con fines suicidas. El objetivo de este artículo es el de informar principalmente al personal sanitario de los servicios de urgencias, forenses y medicina del trabajo sobre este riesgo laboral. Presentamos el caso de un enfermero que padeció una intoxicación por gas fosfina confirmada mediante un monitoreo ambiental de gases en un departamento de urgencias realizado por el servicio gubernamental de Protección Civil del Estado de Jalisco.

PALABRAS CLAVE: Fosfina. Fosfuro de hidrógeno. Fosfuro de aluminio.

Abstract

Phosphine gas constitutes a potential and serious little-known cause of poisoning of professional nature of the medical staff and nursing care of patients who voluntarily swallow phosphides rodenticides purposes suicide. The objective of this paper is to inform to healthcare workers from urgencies, forensic and occupational health services on this occupational hazard. We present the case of a nurse who suffered from poisoning by gas phosphine confirmed through an environmental monitoring of gases in an emergency department carried out by the government service of civil protection of the State of Jalisco.

KEY WORDS: Phosphine. Hydrogen phosphide. Aluminium phosphide.

Introducción

El fosfuro de aluminio (AIP), el fosfuro de magnesio (Mg_3P_2) y el fosfuro de zinc (Zn_3P_2) son sustancias plaguicidas, que se clasifican según su función biocida como agentes raticidas¹⁻³, por su composición química como sales inorgánicas de fósforo⁴, y por su nivel de peligrosidad como altamente tóxicos¹.

Estos fosfuros raticidas están disponibles a la venta en diferentes presentaciones, generalmente en forma de pastillas planas o esféricas (Killphos®, Killphos-mg®,

ZP Rodent Bait®) envasadas en tubos o frascos de aluminio y también en forma de polvo contenido en sobres de aluminio; tanto las pastillas como el polvo suelen ser de color gris o verde oscuro^{1,5,6}.

Tanto el AIP como el Mg_3P_2 , al entrar en contacto con el agua, la humedad del aire o ácidos débiles como en el estómago, generan una reacción exotérmica que libera un gas tóxico mitocondrial e irritante llamado fosfina, también conocido como hidrógeno fosforado, fosfuro de hidrógeno o fosfamina (PH_3)^{1,4}, que es básicamente el componente pesticida activo. A su vez el fosfuro de zinc, que es más estable químicamente, forma el mismo gas venenoso pero sólo cuando este fosfuro es ingerido².

Cuando la liberación del gas fosfina alcanza concentraciones incluso por debajo de 0.3 partes por millón (ppm), se puede comenzar a detectar su olor

Correspondencia:

*Francisco Arredondo Trujillo

Unidad de investigación, docencia y apoyo clínico en salud en el trabajo

Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)

Hospital General Regional N.º 46

Guadalajara, Jal.

E-mail: pacoarredondo79@yahoo.com.mx

Fecha de recepción en versión modificada: 29-07-2011

Fecha de aceptación: 02-08-2011

Tabla 1. Concentración ambiental de fosfina y sus efectos

Exposición por vía inhalatoria	
Concentración ambiental de fosfina	Efectos para la salud en humanos
ppm*	
0.02-1	Detección de olor, vértigo, tos, irritación pulmonar
50-400	Peligroso para la vida y la salud tras una exposición superior a 30 minutos
500	Muerte tras exposición de 30 minutos
1,000	Muerte después de pocas respiraciones

*ppm o partes por millón es una medida de concentración que indica en este caso cuántas partes de fosfina se encuentran contenidas por cada millón de partes de aire, es decir, cuántos mililitros de PH_3 se encuentran contenidos en un metro cúbico de aire.

Adaptado de la ficha de riesgo químico de la fosfina; presente en el directorio de sustancias químicas peligrosas del portal sanitario de la región de Murcia¹⁰.

Tabla 2. Manifestaciones de intoxicación por fosfina

Tempranas	Tardías
Cefalea	Trastornos arrítmicos
Mareo	Choque cardiogénico
Olor a pescado o ajo	Edema agudo de pulmón
Tos	Acidosis metabólica
Irritación faríngea	Hipomagnesemia
Taquipnea	Hipocalcemia
Disnea	Insuficiencia renal
Hipotensión	Convulsiones
Náuseas	Coma
Vómito	
Dolor abdominal	

Adaptado del capítulo «Raticidas» contenido en el libro *Secretos de la toxicología* de McGraw-Hill, 1.ª Edición, 2001³.

similar a pescado podrido. En otras ocasiones este olor resulta similar al ajo, lo cual podría deberse a que el fosfuro raticida según su calidad contenga impurezas contaminantes que puedan generar y liberar arsina además de la fosfina².

Los principales usos de estos pesticidas están dirigidos a la erradicación de las plagas de roedores y para la protección de los granos de cereal almacenados^{1,2}.

Pero también por su disponibilidad, bajo costo y alta eficacia llegan a ser usados frecuentemente con fines suicidas⁷, causando la muerte comúnmente por su grave toxicidad cardíaca y metabólica en humanos⁸ y porque hasta el momento actual no se cuenta con un antídoto para contrarrestar este tipo de intoxicación^{6,7}.

Este gas se absorbe rápidamente por inhalación, aunque también puede absorberse por vía digestiva o a través de una herida en la piel, y se ha publicado que el aliento exhalado de las víctimas que han ingerido alguno de estos fosfuros constituye un peligro potencial de intoxicación para el personal sanitario expuesto a la atención de las víctimas y un peligro potencial de contaminación de los servicios de urgencias y espacios cerrados o mal ventilados⁹. En el caso de inhalación involuntaria de gas fosfina, como ocurre en las exposiciones de índole laboral, el tiempo y gravedad de instalación de los síntomas y la gravedad de las complicaciones dependerá principalmente del nivel de concentración ambiental de fosfina, la duración de la exposición y la susceptibilidad personal¹⁰ (Tabla 1).

Algunos síntomas y manifestaciones de la intoxicación por fosfina son de aparición temprana y otros tardía³ (Tabla 2). El vértigo y la tos pueden presentarse tan pronto como el gas fosfina es detectado sensorialmente, y otros como la náusea, vómito y el dolor epigástrico pueden aparecer aproximadamente a los 15-20 min tras la ingestión de algún fosfuro¹. Presentaremos el primer caso reportado en el ámbito de Latinoamérica de intoxicación involuntaria de origen ocupacional por fosfina en personal de atención sanitaria expuesto durante la atención de un paciente que ingirió un fosfuro rodenticida con fines suicidas, y finalmente mostraremos una breve revisión del tema y de otros casos similares reportados en la literatura internacional. El objetivo principal de este documento es el de informar al personal sanitario de los servicios de urgencias, salud en el trabajo y departamentos medicoforenses, de este potencial riesgo laboral.

Presentación del caso

El caso correspondió a un hombre de 23 años de edad previamente sano, que laboraba como enfermero del departamento de urgencias de una unidad de primer nivel de atención en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Inició su padecimiento al atender a un paciente que refirió haber ingerido deliberadamente un raticida, en forma de polvo de color gris, de nombre y cantidad no especificados. Por esto, el enfermero

procedió a colocarse un cubrebocas desechable, guantes de látex, le asignó al paciente una camilla en el área central del servicio, procedió a retirarle la ropa contaminada y posteriormente a canalizarlo, requiriendo aproximadamente más de 5 min para esta última actividad debido a que el paciente tosía repetidamente y se arqueaba continuamente para vomitar. Durante todo este tiempo el enfermero inhaló en repetidas ocasiones el aliento del paciente y se percató del olor desagradable del mismo. Aproximadamente, a los 10 min de continuar la atención, el enfermero comenzó a manifestar un poco de tos seca e irritación faríngea a las cuales no prestó mayor importancia, y posteriormente a los 20 min se agregó la presencia de cefalea, vértigo, náuseas y disnea a la sintomatología previa, por lo que una colega enfermera procedió a valorar los signos vitales del enfermero y encontró una frecuencia cardíaca de 120 latidos por minuto y una tensión arterial de 180/100 mmHg. Simultáneamente, otros trabajadores de ese departamento de urgencias (entre ellos tres enfermeras y un médico pasante) que habían participado de manera indirecta en la atención del mismo paciente comenzaron a aquejar síntomas similares pero de menor intensidad, por lo que se procedió a solicitar el apoyo del servicio gubernamental de Protección Civil del Estado de Jalisco, quienes tras realizar un monitoreo ambiental de gases procedieron a clausurar y ventilar momentáneamente dicho departamento de urgencias. El personal sanitario intoxicado fue derivado para su tratamiento a un servicio de urgencias de tercer nivel de atención donde estuvieron bajo vigilancia momentánea, y tras su aparente estabilidad fueron dados de alta durante el turno vespertino de ese mismo día. A pesar del alta, el enfermero persistió con los síntomas y se agregó a su padecimiento la presencia de palpitaciones e hipotensión arterial de 100/60 mmHg, y como manifestación tardía presentó clínicamente un trastorno arritmico (el cual fue cediendo progresivamente sin manejo terapéutico), por lo que se le otorgó una incapacidad temporal y se le refirió a nuestra unidad. Se procedió a realizar su estudio integral y tras la realización de la historia clínica laboral se descartó cualquier otro tipo posible de exposición no profesional, verificándose que la sintomatología que aquejaba al trabajador era compatible con una intoxicación por gas fosfina. Además, tras la exploración física llamó la atención la caótica variación del pulso arterial, la frecuencia cardíaca que oscilaba entre 70-104 latidos por minuto y la persistente hipotensión arterial que presentaba el paciente. Se procedió a realizar la visita al lugar específico de

trabajo, donde se pudo corroborar la relación laboral del enfermero y las circunstancias de exposición al contacto inhalatorio con el gas fosfina durante la atención del paciente intoxicado. También se pudo identificar que en el área de urgencias se presentaron como causas inmediatas del incidente dos condiciones peligrosas principales: la ventilación inadecuada del área de urgencias y la falta del equipo necesario de protección respiratoria. Posteriormente, el personal del servicio de Protección Civil del Estado de Jalisco nos informó que el monitoreo ambiental de gases que realizaron en el servicio de urgencias resultó positivo a la presencia de gas fosfina, por lo que finalmente y tras la revisión bibliográfica se pudieron establecer las relaciones causa-efecto y trabajo-daño, y el cuadro clínico del trabajador fue aceptado y calificado administrativamente como un riesgo de trabajo.

Discusión

En la literatura médica mundial existen pocos casos publicados de intoxicación laboral por fosfina en personal de atención sanitaria expuesto a víctimas que ingirieron deliberadamente AIP o Zn_3P_2 con fines suicidas, sin embargo se sabe que el aliento exhalado de los pacientes que han ingerido alguno de estos agentes constituye un peligro potencial de intoxicación. En relación con estos reportes, Ball y Thompson presentaron en el Congreso Anual Norteamericano de Toxicología Clínica del 2007, en Luisiana, a su saber el primer caso de enfermedad por fosfina en trabajadores sanitarios tras la inhalación de la fosfina excretada durante el constante vomitar de un paciente intoxicado por ingerir deliberadamente 10 g de fosfuro de aluminio. Durante la atención de este sujeto, varios de los trabajadores de atención sanitaria desarrollaron irritación de garganta, taquipnea, disnea, y requirieron ser excusados momentáneamente de sus labores¹¹. Cabe destacar que, aunque el personal de salud afectado se había intentado proteger utilizando mascarillas N95, esta medida no fue eficaz porque los equipos de protección personal respiratoria que se utilizan para filtrar o purificar el aire no protegen adecuadamente contra gases y vapores, por lo cual no se pueden utilizar como protección adecuada de la exposición a gas fosfina sin importar la concentración o el tiempo de exposición a la misma¹². A su vez, Musshoff hace referencia a un caso reportado en 1991 sobre un médico que inhaló gas fosfina y requirió atención médica, debido a que durante una necropsia realizó el corte del estómago de una víctima de envenenamiento por

fosfuro de aluminio e inhaló la fosfina contenida en el mismo¹³. Estos casos reportados ocurrieron en países desarrollados donde el uso del fosfuro de aluminio y zinc está restringido, sin embargo en los países en vías de desarrollo como México el uso de los mismos agentes está ampliamente difundido debido al bajo costo y la alta efectividad pesticida de estos compuestos, por lo que cabe la posibilidad de que este tipo de exposiciones laborales sean más frecuentes en nuestro medio.

Pero el diagnóstico de la intoxicación por gas fosfina plantea dificultades importantes debido a que no existen pruebas de laboratorio específicas para establecer el mismo, aunque existe una prueba con utilidad clínica en humanos reportada en la literatura médica que se limita a la valoración de los casos de individuos que han ingerido fosfuro de aluminio. El diagnóstico de certeza de la ingestión de este producto se puede establecer al poner una tira de papel impregnado en nitrato de plata en contacto con una muestra del aspirado gástrico o en contacto con el aire exhalado del individuo que ingirió el pesticida. Los resultados reportados indican que la reacción del papel fue positiva en el 100% de casos en contacto con el contenido gástrico, pero sólo fue positiva en el 50% de los casos en contacto con el aire exhalado⁶. Sin embargo la prueba no fue diseñada para valorar o diagnosticar al personal que se expone indirectamente al mismo gas, ni se encuentra disponible generalmente en los servicios de urgencias de nuestro país, por lo que el diagnóstico en los pacientes que ingirieron estos pesticidas es generalmente presuntivo⁶ y se basa en antecedentes como los laborales, declaraciones de testigos o los propios pacientes, la inspección de remanentes y residuos de los productos hallados en el sujeto o sus ropas así como el olor desprendido por el mismo¹³.

Acerca de la certeza diagnóstica de nuestro caso presentado debemos considerar que si bien los síntomas tempranos que presentó el enfermero a los pocos minutos de la inhalación del aliento exhalado y las secreciones vomitadas por el paciente intoxicado con el fosfuro rodenticida son compatibles con el periodo de latencia de una intoxicación por fosfina, es importante aclarar que no son patognomónicos de la misma. Los hallazgos cardiovasculares durante la exploración física del enfermero fueron importantes debido a que la gran fluctuación de la frecuencia cardíaca es una característica de la intoxicación por compuestos fosforados⁴, y junto con la hipotensión arterial persistente constituyen características clínicas de la toxicidad cardíaca por fosfina¹⁴. Una evidencia fundamental

para la calificación de nuestro caso presentado fue la confirmación de la presencia de gas fosfina en el departamento de urgencias; este hallazgo fue determinado en el monitoreo ambiental de gases realizado por Protección Civil el día del incidente, mediante el uso de una bomba manual marca Dräger modelo Accuro y tubos colorimétricos sensibles a tipos de gases específicos. Con lo anterior quedó comprobada la exposición al agente en el ambiente del trabajo. Sin embargo nos parece muy importante destacar que un hallazgo negativo a gas fosfina durante un monitoreo ambiental no necesariamente excluye la presencia del mismo gas en el ambiente, debido a que incluso el tubo colorimétrico Dräger más sensible a fosfina es capaz de detectar concentraciones ambientales que van desde 0.1-1 ppm¹⁵, pero se ha comunicado que algunos síntomas como el vértigo, la tos y la irritación pulmonar pudieran presentarse tan pronto como el olor de la fosfina es detectable sensorialmente desde 0.02 ppm¹³, y otros como la cefalea desde 0.08 ppm².

Debido a que la concentración ambiental del gas fosfina se correlaciona con la gravedad de los efectos a la salud, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) ha establecido ciertos parámetros denominados límites de exposición recomendados (REL), que sirvan de guía para prevenir los efectos nocivos a la salud derivados de la exposición al gas fosfina. El límite de exposición promedio recomendado para una jornada de 8 h/día durante 1 semana de 40 h es de 0.3 ppm; 1 ppm constituye el límite de exposición recomendado a corto plazo (STEL) para una exposición de 15 min que no se debe rebasarse en ningún momento durante 1 día de trabajo². Y como la fosfina es una sustancia que en un medio ambiente en condiciones normales de temperatura (25 °C) y presión (760 mmHg) existe como gas, su concentración puede expresarse tanto en ppm como en mg/m³. Para hacer la conversión de ppm a mg/m³ o viceversa se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{LMPE en ppm} = \left(\frac{24.45}{\text{PM}} \right) (\text{LMPE en mg/m}^3)$$

donde:

LMPE representa, en este caso particular, la concentración del gas expresada en mg/m³ o en ppm en condiciones normales de temperatura y presión (TPN), PM es el peso molecular del gas fosfina: 33.997 g/mol, y 24.45 es el volumen molar a TPN.

Por lo que, al sustituir los valores en la ecuación, el límite de exposición recomendado a corto plazo de 1 ppm corresponde a 1.39 mg/m³, y a su vez una

concentración de gas fosfina de 0.3 ppm corresponde a una de 0.42 en mg/m³. Como se mencionó anteriormente, incluso concentraciones bajas e intermitentes de gas fosfina pueden generar síntomas, y el NIOSH recomienda que los trabajadores expuestos a este gas requieren utilizar equipo de protección respiratoria como el respirador con suministro de aire, incluso para concentraciones de gas fosfina desde 0.3 ppm².

La importancia de la sospecha clínica y el diagnóstico temprano en los casos de exposición profesional a fosfina va mas allá del otorgamiento de prestaciones correspondientes por riesgos de trabajo, ya que la fosfina es un gas muy tóxico que es capaz de generar complicaciones orgánicas como: trastornos del ritmo y la conducción; desde prolongación de la conducción auriculoventricular hasta bloqueo cardíaco completo, e incluso arritmias ventriculares y choque cardiogénico; edema agudo pulmonar; acidosis metabólica; hipomagnesemia; insuficiencia hepática, y generar una mortalidad general elevada que según diversas comunicaciones varía del 37-100% de los casos^{6,7}. La fosfina irrita las membranas mucosas de las vías respiratorias superiores y de los pulmones; cuando este gas entra en contacto con el oxígeno tiende a convertirse en formas más estables y ácidas de fósforo como el ácido fosfórico, dañando así las membranas celulares y condicionando las alteraciones respiratorias agudas e incluso también el edema pulmonar². Desafortunadamente, no se conoce un antídoto específico para contrarrestar esta intoxicación, y dado que las complicaciones que causan con mayor frecuencia la muerte son el edema pulmonar y el choque cardiogénico, el tratamiento de esta intoxicación incluye la aplicación de medidas generales como evitar la conversión gástrica del tóxico mediante el lavado gástrico más la neutralización del ácido gástrico con bicarbonato de sodio^{1,3} (en los casos de ingestión de estos raticidas), y medidas de apoyo cardiorrespiratorio como la intubación endotraqueal y la ventilación mecánica en caso de edema pulmonar³ y aminos vasoactivos en caso de choque⁷. Pero, además, consideramos importante señalar que, para prevenir casos de intoxicación del personal sanitario expuesto al gas fosfina durante la

atención de las víctimas que ingirieron estas sales inorgánicas del fósforo, en ausencia de protección respiratoria el riesgo de la exposición laboral a fosfina pudiera ser minimizado al tratar al paciente intoxicado en un área bien ventilada⁹; además, el NIOSH de EE.UU. recomienda precisamente que, para reducir las exposiciones a fosfina en el lugar de trabajo, se deben usar primeramente controles de ingeniería para limitar la exposición laboral a este gas, además de utilizar respiradores de suministro de aire limpio como equipo de protección respiratoria².

Bibliografía

1. Robey WC, Meggs WJ. Insecticidas, herbicidas y raticidas. En: Tintinalli JE, Kelen GD, Stapczynski JS, eds. Medicina de urgencias. 6.a ed. McGraw-Hill Inc; 2006. p. 1333-43.
2. NIOSH. 1999. La prevención de intoxicación y explosiones por fosfina durante la fumigación [Internet]. <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/99-126sp.html> [consultado 29/11/2010].
3. Chulathida J. Raticidas. En: Ling LJ, ed. Secretos de la toxicología. 1.a ed. McGraw-Hill Inc; 2001. p. 212-6.
4. Gisbert JA. Intoxicaciones por fósforo. En: Gisbert JA, Villanueva E, eds. Medicina legal y toxicología. 6.a ed. Masson; 2007. p. 841-4.
5. Manual técnico: fosfuro de aluminio Killphos® [Internet]. http://www.faxsa.com.mx/Fosf_MT/KillPhMT.pdf [consultado 25/07/2011].
6. Iraola M, Álvarez F, Álvarez R, et al. Suicidio con fosfuro de aluminio: presentación de un caso. Emergencias. 2009;21(3):228-31.
7. López I, Lozano JJ. Edema agudo pulmonar no cardiogénico en pacientes con intoxicación por fosfuro de cinc. Reporte de dos casos y revisión bibliográfica. Med Int Mex. 2008;24(6):424-7.
8. Siddaiah L, Adhyapak S, Jaydev S, et al. Intra-aortic balloon pump in toxic myocarditis due to aluminum phosphide poisoning. J Med Toxicol. 2009;5(2):80-3.
9. Bogle RG, Theron P, Brooks P, Dargan PI, Redhead J. Aluminium phosphide poisoning. Emerg Med J. 2006;23:e3 [Internet]. <http://emj.bmj.com/content/23/1/e03.abstract> [consultado 10/12/2010].
10. Riesgo químico-accidentes graves: fosfina. Murcia: Consejería de Sanidad; 2008. Dirección General de Salud Pública [Internet]. <http://www.murciasalud.es/recursos/ficheros/138597-Fosfina.pdf> [consultado 29/11/2010].
11. Ball IM, Thompson MA. Phosphine induced respiratory distress among the health care team caring for an aluminum phosphide poisoned patient. In: Clinical Toxicology, Informa Healthcare USA, Inc. 07. Procede de del North American Congress of Clinical Toxicology Annual Meeting; 2007. New Orleans, LA. Estados Unidos: New Orleans, LA; 2007. p. 606. ISSN: 1556-3650.
12. Manual de protección respiratoria para personas que manejan o aplican pesticidas. Los Ángeles: Universidad de California; 2008. División de Agricultura y Recursos Naturales Oficina de Salud y Seguridad Ambiental [Internet]. <http://groups.ucanr.org/ehs/files/47444.pdf> [consultado 10/12/2010].
13. Musshoff F, Preuss J, Lignitz E, Madea B. A gas chromatographic analysis of phosphine in biological material in a case of suicide. Forensic Sci Int. 2008;177(2):35-8.
14. Sogut O, Baysal Z, Ozdemir B. acute pulmonary edema and cardiac failure due to zinc phosphide ingestion. J Emerg Med. 2009;20(2):1-2.
15. Dräger-Tube/CMS Handbook: Handbook for short term measurements in soil, water and air investigations as well as technical gas analysis. Lubeck, 2008 [Internet]. http://www.draeger.com/media/10/01/87/10018750/tube-shandbook_br_9092086_en.pdf [consultado 16/12/2010].