

## Estudio comparativo de la liberación de gas de fosforo de aluminio bajo el método del cubo en tres diferentes altitudes sobre el nivel del mar

SANTILLAN-SANTANA, Jaime\*†, DE LA PAZ-GUTIERREZ, Salvador A., SANTILLAN-SANTANA, José Jaime y LEPE-GARCÍA, José de Jesús

*Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, 44600 Zapopan, Jal.*

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 20, 2017

### Resumen

En este trabajo se propone realizar cajas de acrílico pre-armables donde se pondría el grano junto con las plagas localizadas en el lugar que serían atrapadas mediante aspiradora y con ferohormonas. Se llevaría a cabo un ensayo con los siguientes tratamientos: Testigo, Pastillas Phostoxin, Magtoxin, Quickphos, Agrofum, Fumiteco Y Weevil. Esto se realizaría bajo 2 repeticiones cada uno por lo cual se requerirían 14 cajas de acrílico de 1 x 1 x 1 mts. La toma de datos de las lecturas de concentración de gas se realizarían a: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 Hrs. Al mismo tiempo se eligieron 3 localidades para desarrollar las pruebas siendo estas: Culiacán, Sin. Guadalajara, Jal. Y México, D.F. En cada lugar nos tomaría para la prueba 8 días entre el armado, colocación de la prueba, toma de datos y retiro del material. Los productos phostoxin demostraron tener muy buena efectividad tanto en cuanto a la liberación del gas, la descomposición de la tableta y/o perdigón y la residualidad de la concentración del gas. Demostró funcionar en una forma muy homogénea a cualquier altitud sobre el nivel del mar. Demostró ser estable a las diferentes condiciones climáticas (Temperaturas y Humedad relativa) a la que fueron sometidos. Aun cuando Weevil demostró ser un producto muy competitivo contra Phostoxin al final se desplomo en cuanto a su estabilidad de la presencia de concentración de fosfina. Quickphos será un producto al cual se le deberá estar prestando la debida atención ya que puede ser un producto que cause problemas a Phostoxin, sobre todo en lo que se refiere al tema del precio.

### Plagas almacenadas, Phostoxin, Gas

### Abstract

This paper intends to make acrylic boxes pre-armables where grain would be put along with pests in place that they were trapped using a vacuum cleaner and with ferohormonas. As assay would be conducted with the following treatments: witness, phostoxin®, Magtoxin, Quickphos, Agrofum, Fumiteco and Weevil pills. This would be done under 2 repetitions each one by which we would require 14 boxes of acrylic 1 x 1 x 1 meters. Data of gas concentration readings would be carried out as 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48, 60 and 72 Hrs. While 3 locations were chosen to develop the tests: Culiacán, Sin., Guadalajara, Jal. and Mexico, D.F. In each place it would take us at least 8 days between the assembly, placement test, data collection and removal of the material. Phostoxin® products proved to have very good effectiveness both in terms of the release of the gas, the decomposition of pellet or Tablet and the residuality of the concentration of the gas. It showed to work in a very homogeneous form at any altitude above the sea level. It proved to be stable to the different climatic conditions (temperature and relative humidity) to which they were subjected. Although Weevil proved to be a very competitive product against phostoxin® in the end it collapsed in terms of stability of the presence of phosphine concentration. Quickphos will be a product which is must be paying attention since it may be a product that causes problems for phostoxin®, especially in regards to the issue of the price.

### Stored pests, phostoxin® Gas Radiation

**Citación:** SANTILLAN-SANTANA, Jaime, DE LA PAZ-GUTIERREZ, Salvador A., SANTILLAN-SANTANA, José Jaime y LEPE-GARCÍA, José de Jesús. Estudio comparativo de la liberación de gas de fosforo de aluminio bajo el método del cubo en tres diferentes altitudes sobre el nivel del mar. Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-10: 41-48

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: jsantill@cucba.udg.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Actualmente todavía faltan unos 100 millones de toneladas de cereales al año para la población mundial. En justamente veinte años, este déficit será de casi 800 millones de toneladas. Aparte del veloz crecimiento de la población mundial, en particular en África y partes de Asia, las enormes pérdidas de cosechas debido a su infestación por plagas año tras año son la principal causa de esta crisis mundial

El Fosforo de Aluminio (PHOSTOXIN) es usado como rodenticida, insecticida y fumigante para granos almacenados. Es usado para matar pequeños animales mamíferos como los topos, conejos, y roedores. Las tabletas o pellets contienen típicamente otros compuestos como amoníaco que ayudan a reducir el riesgo potencial de ignición o explosión del gas de la fosfina. La fosfina pura es inodora pero en pureza de grado técnico posee un desagradable olor a ajo o pescado descompuesto, debido a la presencia de fosfinas o difosfinas sustituidas (P<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). El uso como insecticida está muy difundido y se utiliza para el tratamiento de mercaderías almacenadas previo a su transporte. Puede ser utilizado para el tratamiento de la mayoría de los granos y sus subproductos.

El gas fosfina es extremadamente irritante en el tracto respiratorio. También produce envenenamiento sistemático severo. Su uso como fumigante en lugares de almacenamiento de productos alimenticios es mediante la colocación de fosforo de aluminio sólido (phostoxin). El gas fosfina es liberado lentamente mediante hidrólisis. Los casos más severos de intoxicación han envuelto la ingestión de fosforo de aluminio sólido, el cual se convierte en gas rápidamente por la hidrólisis ácida que ocurre en el estómago. El envenenamiento mediante ingestión acarrea una tasa de mortalidad alta (50 a 90%).

Los mecanismos de toxicidad no se entienden bien. Se han encontrado niveles extra celulares de magnesio ligeramente elevados, lo que sugiere una merma en el magnesio intracelular, como resultado de daño miocárdico. Los envenenamientos fueron bastante frecuentes a finales de la décadas de 1980 y a principios de 1990 en algunas partes de India. Las manifestaciones principales de envenenamiento son: fatiga, náusea, dolor de cabeza, mareo, sed, tos, dificultad para respirar, taquicardia, compresión en el pecho, parestesia e ictericia. En los casos más severos se presenta el colapso cardíaco. La edema pulmonar es una causa común de muerte. En otros casos letales se desarrollan: arritmia ventricular, problemas de conducción y asistolia. Se dice que el olor del gas es semejante a pescado podrido.

## Justificación

Debido a lo anteriormente expuesto surgen las siguientes dudas sobre los productos a manejar:

- 1 ¿Es el mismo funcionamiento en lo referente a efectividad del fosforo de aluminio en pastillas comparado con los perdigones y contra las placas y tiras de fosforo de magnesio y las pastillas de magtoxin?
- 2 ¿Afectan las temperaturas y la altura sobre el nivel del mar?
- 3 ¿Es efectivo en cuanto a que cultivos almacenados y cuáles son los rangos de residualidad en semillas? 1.2

## Problema

El principal problema deriva del hecho de que el gas tiende a subir y teníamos que encontrar la forma de mantenerlo encapsulado lo que logramos hacer mediante el método del cubo.

Otro problema era el poder constatar que no existían fugas dentro de las cajas de acrílico lo cual se logro con un medidor de fosfina Dräger Pac 7000.

### Hipótesis

Las razones de por qué la relación dosis no se sostiene en la práctica son la fisiología de los insectos, el modo de acción del fumigante y el comportamiento físico del gas fumigante. Esta relación varía de fumigantes y de insectos.

### Objetivos

#### Objetivo General

Localizar el mejor producto bajo las diferentes condiciones climáticas y a diversas altitudes sobre el nivel del mar.

#### Objetivos específicos

- Determinar cual es la mejor dosis
- Determinar cual es el mejor producto por su relación precio – efecto.
- Determinar el mejor método de aplicación del producto

### Marco Teórico

La fosfina 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.

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.

### Metodología de Investigación

La prueba se llevó a cabo en tres localidades: Guadalajara, Jal., Culiacan, Sin y Mexico, D.F. utilizando un metodo al que le dimos el nombre de CUBO.

La primera fase del experimento que se llevó a cabo en la ciudad de Guadalajara, Jal., durante este periodo las condiciones climáticas que se presentaron fueron las siguientes: Una temperatura mínima de 5° C y una temperatura máxima de 28° C una Altura Sobre el Nivel del Mar (A.S.N.M.) de 1,370 mts. Y el experimento se localizó en las coordenadas 20° 44' 58.19" N y 103° 40' 24.25" W. En un coto campestre denomina "EL ZAMORANO".

En la ciudad de Culiacán, Sin. durante este periodo las condiciones climáticas que se presentaron fueron las siguientes: Una temperatura mínima de 22.6 ° C y una temperatura máxima de 32.2 ° C, una Altura Sobre el Nivel del Mar (A.S.N.M.) de 64 mts. Y el experimento se localizó en las coordenadas 24° 76' 55.24" N y 107° 58' 31.93" W.

Los resultados obtenidos en la tercera fase del experimento que se llevó a cabo en la ciudad de México, D.F. fueron los siguientes: Una temperatura mínima de 14 ° C y una temperatura máxima de 28 ° C con una Altura Sobre el Nivel del Mar (A.S.N.M.) de 2,240 mts. y el experimento se localizó en las coordenadas 19° 38' 30.43" N y 99° 9' 10.29" W.

La dosis utilizada en el caso de tabletas fue de (1) una por cada cubo y/o M3 y en el caso de perdigones de (5) cinco por M3.

### Etapa Guadalajara

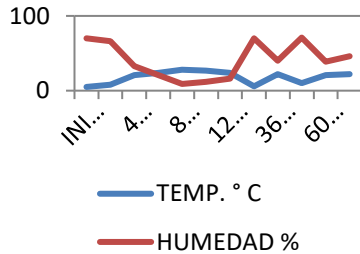


Figura 1 Como se puede observar en la gráfica, cada que disminuía la temperatura se incrementaba la humedad relativa y a la inversa. Y en la realidad este fenómeno se observó en las tres pruebas.

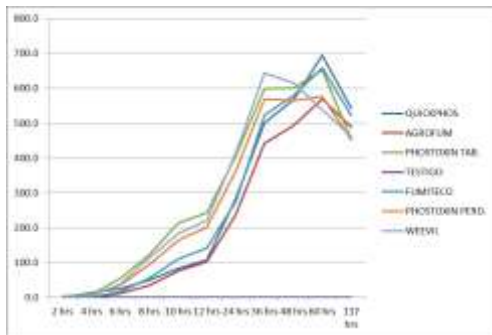


Figura 2 Este cuadro nos representa la media de los diferentes tratamientos ya tomando en consideración las dos repeticiones. Podemos observar en los datos de 60 Hrs. que todos los tratamientos mostraron un incremento constante desde su inicio hasta este momento mostrándose como los mejores tratamientos por acumulación de gas.

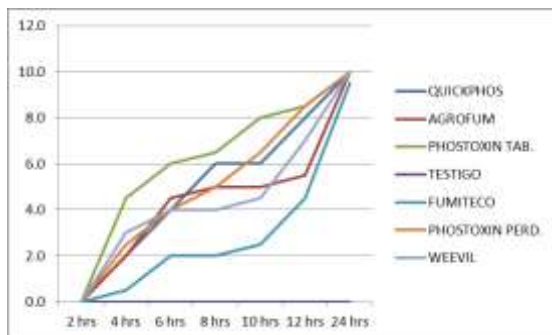


Figura 3 Podemos observar que tanto PHOSTOXIN TABLETAS como WEEVIL iniciaron su descomposición de forma muy rápida sin embargo a las 6 Hrs ya se encontraban en el mismo nivel con QUICKPHOS, AGROFUM y PHOSTOXIN PERDIGON y prácticamente a las 8 horas ya todos se encontraban nivelados a excepción de FUMITECO.

### Etapa Culiacan



Figura 4 Al igual que en la gráfica de temperaturas y humedades de la ciudad de Guadalajara se puede observar que cada que disminuía la temperatura se incrementaba la humedad relativa y a la inversa. Esto nos da como resultado que si existe una constante entre estos dos factores y que por lo tanto la lógica es de que los datos deben funcionar muy parecido a lo ocurrido en Guadalajara.

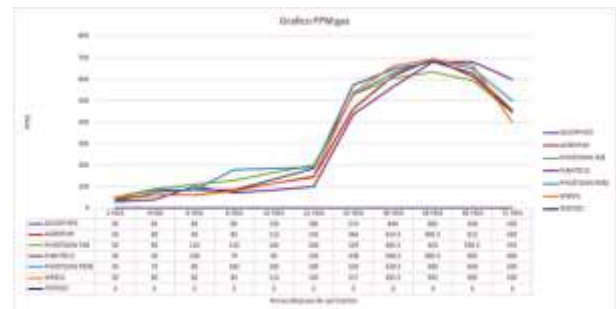


Figura 5 Este cuadro nos representa la media de los diferentes tratamientos ya tomando en consideración las dos repeticiones. Podemos observar en lo datos de 48 Hrs., o sea 12 horas antes de las pruebas de Guadalajara y que todos los tratamientos mostraron un incremento constante desde su inicio hasta este momento mostrándose como los mejores tratamientos por acumulación de gas.

Etapa Mexico D.F.

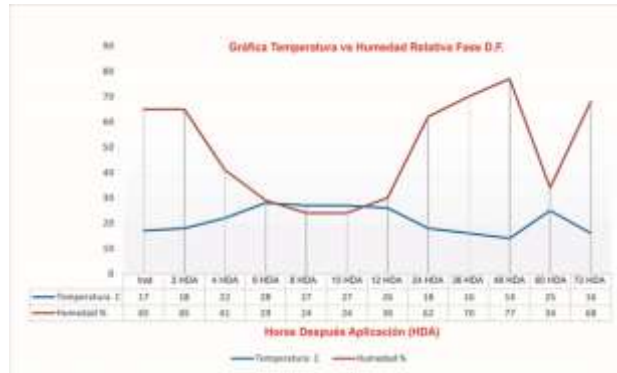


Figura 6 Al igual que en la gráfica de temperaturas y humedades de la ciudad de Guadalajara se puede observar que cada que disminuía la temperatura se incrementaba la humedad relativa y a la inversa. Esto nos da como resultado que si existe una constante entre estos dos factores y que por lo tanto la lógica es de que los datos deben funcionar muy parecido a lo ocurrido en Guadalajara y Culiacán.

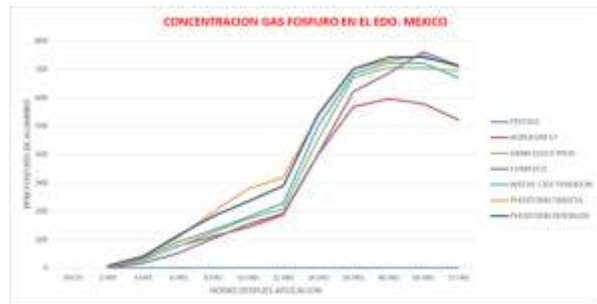


Figura 7 Este cuadro nos representa la media de los diferentes tratamientos ya tomando en consideración las dos repeticiones. Podemos observar en lo datos de 60 Hrs. o sea el mismo tiempo que en Guadalajara y que todos los tratamientos mostraron un incremento constante desde su inicio hasta este momento mostrándose como los mejores tratamientos por acumulación de gas.



Figura 8 En el caso de la descomposición de la tableta o perdigones se tomó un conteo cualitativo visual en cuanto a avance siendo la escala de 0 a 10, tomando al número 10 como el número máximo y considerando que en un lapso de 24 horas debería de haberse logrado la descomposición a 10 lo que equivaldría al 100 %. Los resultados fueron los anteriores.

**Diseño Experimental:** Para el análisis del experimento se utilizó el programa ARM (Agriculture Research Manager) Vers. 6.0. El diseño experimental utilizado fue un Bloques completos al azar con 7 tratamiento y dos repeticiones en tres parcelas experimentales o localidades.

**Variables determinadas:** En lo referente al rubro de mortandad todos los productos mostraron un buen ejercicio al respecto siendo a las 72 horas una totalidad del 100 % a excepción de casos en particular, el testigo que muestra mortandades bajas de 3.30, 15.81 y 17.9% lo cual es explicable debido a que los de mayor mortandad son Guadalajara y DF y esto es atribuible a las bajas temperaturas en comparativa con Culiacán que solo presenta un 3.30 % de mortandad. Sin embargo un caso curioso es el producto WEEVIL que a las 72 horas aun presento insectos vivos al solo lograr el 99.55 % de mortandad en Culiacán y un 99.65 % en el DF, lo cual aun cuando es un numero excepcionalmente aceptable no es el 100 % como nos dio en los otros productos, lo que infiere que bajo ciertas condiciones este producto podría fallar.

**Resultados**

TRATAMIENTO	% muer gdl	% muer cul	% muer DF
QUICKPHOS	100.0	100.00	100.00
AGROFUM	100.0	100.00	100.00
PHOSTOXIN TAB.	100.0	100.00	100.00
TESTIGO	17.9	3.30	15.81
FUMITECO	100.0	100.00	100.00
PHOSTOXIN PERD.	100.0	100.00	100.00
WEEVIL	100.0	99.55	99.65

**Tabla 1**

Lo primero que podemos observar es que durante las primeras horas de transcurso de las pruebas, no existe realmente una diferencia en cuanto a la emanación del gas. Se empieza a notar que la diferenciación en cada uno de los productos inicia a las 36 Hrs después de arrancada la prueba. Aunque en la fase de Culiacán este proceso se observó a las 24 hrs., lo que implica que a mayores temperaturas el proceso de descomposición del gas es más rápido, ya que en Culiacán a las dos horas ya se tenía liberación de gas comparado con las otras localidades donde las temperaturas eran menores.

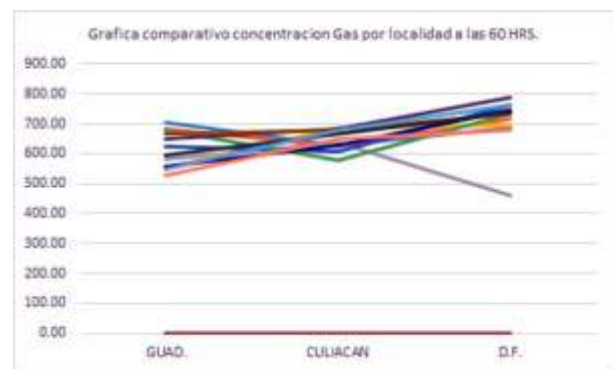


**Figura 9** El máximo valor de la concentración de gas se logró a las 60 horas después de la aplicación y fue en la localidad de mayor altitud sobre el nivel del mar en comparativo con los otros lugares. De ahí inicio el descenso de la concentración de este gas.

Los productos que mostraron un mejor comportamiento por orden de importancia fueron:

1. Phostoxin perdigón
2. Phostoxin Tableta
3. Weevil y
4. Quickphos

En todas las localidades el producto que estuve siempre en competencia con Phostoxin en ambas presentación fue Weevil aunque al final de la prueba en el periodo de 60 – 72 horas se desplomo en todas las localidades y como ya se mencionó anteriormente presento problemas en la mortandad al tener 99.55 y 99.65 % de mortandad.



**Figura 10** Grafica comparativa de concentración de gas por localidad a las 60 Hrs.

**Conclusiones**

1. Los productos phostoxin demostraron tener muy buena efectividad tanto en cuanto a la liberación del gas, la descomposición de la tableta y/o perdigón y la residualidad de la concentración del gas.
2. Demostró funcionar en un forma muy homogénea a cualquier altitud sobre el nivel del mar
3. Demostró ser estable a las diferentes condiciones climáticas (Temperaturas y Humedad relativa) a la que fueron sometidos.



4. Aun cuando Weevil demostró ser un producto muy competitivo contra Phostoxin al final se desplomo en cuanto a su estabilidad de la presencia de concentración de fosfina.
5. Quickphos será un producto al cual se le deberá estar prestando la debida atención ya que puede ser un producto que cause problemas a Phostoxin, sobre todo en lo que se refiere al tema del precio.



**Figura 11** Diversos productos utilizados en la prueba.



**Figura 12** Medidor de gas fosfina



**Figura 13** Armado del metodo del cubo



**Figura 14** Cubos totalmente armados



**Figura 15** Toma de datos



**Figura 16** Etapa de Mexico, D.F.



**Figura 17** Trabajo de gabinete

**Referencias**

Fax. Fosfuro de aluminio. Kilphos Mca.  
Registrada de Fax de Mexico 36 pag.

Universidad Nacional de Tucumán  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y  
ZOOTECNIA. Control de Plagas en Productos  
Almacenados.