

**Evaluación de tres dosis de fumigación con  
fosfuro de aluminio en almacenamiento de  
maíz (*Zea mays*) para controlar la incidencia  
de *Sitophilus* spp.**

**Fernando Miguel Jara Cedeño**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación de tres dosis de fumigación con  
fosfuro de aluminio en almacenamiento de  
maíz (*Zea mays*) para controlar la incidencia  
de *Sitophilus* spp.**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Fernando Miguel Jara Cedeño**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2018

## **Evaluación de tres dosis de fumigación con fosfuro de aluminio en almacenamiento de maíz (*Zea mays*) para controlar la incidencia de *Sitophilus* spp.**

**Fernando Miguel Jara Cedeño**

**Resumen.** Las pérdidas de los granos durante el almacenamiento es el principal problema que se presenta después de la cosecha y en su gran mayoría son debido a plagas insectiles presentes en el grano; por lo que su control es una preocupación constante de los procesadores. El objetivo del estudio fue evaluar tres dosis de fumigación con fosfuro de aluminio (fosfina) en almacenamiento hermético de maíz para controlar la incidencia y reducir el daño causado por *Sitophilus* spp. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos las cuales fueron las dosis de fumigación (cero, baja, media y alta concentración), con medidas repetidas en el tiempo a los 0, 10, 20 30 y 40 días. Se establecieron tres repeticiones para cada uno de los tratamientos para un total de 12 unidades experimentales. Los datos se analizaron a través de un ANDEVA, una separación de medias Duncan y una separación de medias ajustadas (LSMeans) para evaluar la interacción entre los tratamientos y el tiempo. Las variables evaluadas fueron temperatura y humedad relativa de almacenamiento, contenido de humedad del grano, presencia de insectos vivos y muertos, % mortalidad, % daño por insecto. Los resultados indicaron que no hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos fumigados para las variables evaluadas, pero si con el control ( $P < 0.05$ ). Las condiciones de almacenamiento tuvieron un promedio de 27.3 °C de temperatura y 60.1% de humedad relativa. La fumigación con baja concentración fue el tratamiento más económico con un costo variable de USD 0.24/45.45 Kg. Se recomienda evaluar el efecto del tiempo de exposición a fosfuro de aluminio en maíz y otros granos.

**Palabras clave:** Control de plagas, fosfina, insectos de almacén, maíz grano.

**Abstract.** Grain loss during storage is the main problem occurring after harvest, and this is mostly caused by insect pests attacking the stored grain, therefore, their control is a constant concern for grain processors. The objective of the study was to evaluate three doses of aluminum phosphide (phosphine) in corn airtight storage to control the incidence and damage caused by *Sitophilus* spp. A completely randomized design (CRD) was used with four treatments which were fumigation doses (zero, low, intermedium and high concentration) with measures repeated over time at 0, 10, 20, 30 and 40 days. Three replicates were established for a total of 12 experimental units. Data obtained was analyzed by an ANOVA, a Duncan mean separation for treatments, and an adjusted mean separation (LSMeans) to evaluate the interaction between treatments and time. The variables evaluated include temperature and relative humidity in storage, moisture content of the grain, presence of live and dead insects, % mortality, and % damage per insect. The results indicated there was no significant difference among fumigated treatments for the variables evaluated ( $P > 0.05$ ). The storage conditions had an average of 27.3 °C and 60.1% of relative humidity. Fumigation with low concentration was the most economical treatment with a variable cost of USD 0.24 / 45.45 Kg. It is recommended to evaluate the effect of exposure time to aluminum phosphide in corn and other grains.

**Key words:** Corn grain, pest control, phosphine, stored pest insects.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>17</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de tratamientos de fumigación con fosforo de aluminio al grano de maíz amarillo comercial importado.....	4
2. Descripción de la concentración de fosfina en los tratamientos.....	5
3. Promedios y desviación estándar de temperatura y humedad relativa durante la aplicación de fosforo de aluminio a diferentes concentraciones en grano de maíz amarillo comercial importado.....	7
4. Contenido de humedad en el grano de maíz amarillo comercial importado. ....	8
5. Promedios y desviación estándar de la presencia de insectos vivos de <i>Sitophilus</i> spp. a través del tiempo en grano de maíz amarillo comercial importado. ....	10
6. Promedios y desviación estándar de la presencia de insectos muertos de <i>Sitophilus</i> spp. a través del tiempo en grano de maíz amarillo comercial importado. ....	11
7. Porcentaje de mortalidad de <i>Sitophilus</i> spp. en grano de maíz amarillo comercial importado tratado con fosforo de aluminio. ....	12
8. Porcentaje de daño por <i>Sitophilus</i> spp. y otros insectos secundarios en grano de maíz amarillo comercial importado.....	13
9. Costos variables de fumigación de grano de maíz amarillo comercial importado con diferentes dosificaciones.....	14
Figuras	Página
1. Variaciones en contenido de humedad del grano de maíz amarillo importado fumigado a través del tiempo. ....	9
2. Porcentaje de mortalidad de insectos en cada tratamiento utilizado a través del tiempo.....	12
Anexos	Página
1. Promedios y desviación estándar de la presencia de insectos vivos de <i>Tribolium</i> spp. a través del tiempo en grano de maíz amarillo comercial importado. ....	20
2. Promedios y desviación estándar de los porcentajes de mortalidad de <i>Tribolium</i> spp. en grano de maíz amarillo comercial importado tratado con fosforo de aluminio.....	21

Anexos	Página
3. Promedios y desviación estándar de los porcentajes de impurezas del grano de maíz amarillo comercial importado tratado con fosforo de aluminio. ....	21
4. Promedios y desviación estándar de los porcentajes de grano quebrado de maíz amarillo comercial importado tratado con fosforo de aluminio. ....	22
5. Ficha técnica del fumigante utilizado en los tratamientos.....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los tres cereales más importantes del mundo, junto con el trigo y el arroz. Posee una gran diversidad genética y es una excelente fuente de carbohidratos y proteínas. Se cultiva en una amplia gama de ambientes desde la línea ecuatorial hasta cerca de 50° latitud norte y 42° latitud sur, y a alturas hasta de 3,800 m sobre el nivel del mar (Ortega 1987).

Los factores que limitan la producción de maíz son muy diversos; entre los más significativos están los insectos, existiendo más de 227 especies alrededor del mundo (Henao 1984) y unas 20 especies son de capital importancia durante la fase postcosecha (Cubillos 1983). Estos insectos son capaces de infestar el maíz en cualquier etapa de la producción y en el almacén ocasionando graves consecuencias (Hernández y Escalona 2014).

La pérdida de los granos durante el almacenamiento es el principal problema que se presenta después de la cosecha. Los porcentajes de pérdidas durante esta etapa son altos y pueden variar dependiendo de la zona. En zonas frías el efecto de los insectos sobre los granos almacenados es menor que en las zonas cálidas y/o templadas (García 2009).

Entre las especies más dañinas se encuentran los insectos de la familia Curculionidae-*Sitophilus* spp., comúnmente llamados gorgojo de los cereales que comprende varias especies: *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus orizae*, *Sitophilus granarius* (Ortega 1987). Bajo condiciones favorables del almacenamiento y dependiendo de la región estos insectos pueden causar pérdidas significativas que oscilan entre 15 y 25% del grano almacenado (García 2009).

Los escarabajos o gorgojos son resistentes y de tamaño pequeño, con una alta capacidad de proliferación. Según la FAO (1985), la especie “*Sitophilus zeamais* es el principal responsable por las infestaciones que preceden a la cosecha, debido a la capacidad de volar”, lo cual les permite infestar el grano en el campo desde su madurez fisiológica. Estos insectos son considerados como una plaga primaria, con la capacidad de romper la cubierta externa de los granos y penetrar en su interior para ovopositar y así reproducirse masivamente. El control de la incidencia de estas plagas conlleva un costo significativo y también necesario durante el almacenamiento de maíz.

Tanto la Planta de Procesamiento de Semillas como la Planta de Alimentos Balanceados de la Escuela Agrícola Panamericana, ha presentado infestación de insectos en el producto ya embolsado y sellado, lo cual, ha sido reportado por clientes, que han encontrado en los sacos de maíz distintos estadios de *Sitophilus* spp. y otras plagas secundarias como *Tribolium* spp.

En dichas plantas se implementan programas de control de insectos a través de fumigaciones periódicamente establecidas, por lo que las infestaciones reportadas pueden ser el resultado de una inadecuada fumigación del producto, lo anterior manifiesta que es necesario revisar aspectos como las concentraciones y tiempos de aplicación.

Un maíz ya embolsado que contenga infestación de insectos, además del daño físico causado, se contamina ya sea con partes de fisionomía o excrementos reduciendo la calidad del producto, y la vida útil de ese grano. Las empresas gastan gran cantidad de dinero en fumigaciones para controlar los insectos de almacén y que permitan conservar las semillas y/o granos. Sin embargo, muchas plantas de procesamiento, realizan aplicaciones de manera empírica, basándose en recetas y recomendaciones de empresas químicas.

En muchas ocasiones las fumigaciones se realizan en exceso de concentración y tiempo de aplicación, ya sea por desconocimiento o descuido durante la operación. A pesar de que las concentraciones de fumigantes no tienen un efecto negativo en la calidad de la semilla y/o grano almacenado, como ser su contenido de humedad, porcentaje de vigor y porcentaje de germinación (Mendoza 2012), si hay un impacto importante en los costos de producción, los cuales, se aumentan innecesariamente.

En la Planta de Procesamiento de Semillas y Alimentos Balanceados de la EAP se necesita evaluar las dosificaciones y tiempos de exposición de los fumigantes para determinar la eficiencia de los mismos tanto técnica como financieramente; por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron:

- Determinar el efecto de los fumigantes bajo diferentes dosis de aplicación en el control de *Sitophilus* spp. que es la principal plaga insectil que afecta el maíz almacenado.
- Determinar la intensidad de daño causado por *Sitophilus* spp. y otros insectos secundarios presentes en el grano durante el desarrollo del experimento.
- Evaluar los costos de la dosificación con el mejor rendimiento en el control de *Sitophilus* spp.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### **Ubicación del ensayo.**

El estudio se realizó en la bodega N° 2 de la planta de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicada en el Valle de Yeguaré, 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras. A 14° latitud norte y 82° 2' longitud oeste, con una temperatura media de 27.29 °C y humedad relativa de 60.13% dentro de la bodega, con una precipitación anual de 1200 mm y una altitud de 800 msnm, durante los meses de mayo, junio, julio y agosto del año 2018.

### **Materiales y equipos.**

Se utilizaron granos de maíz amarillo comercial importado, toldos de polietileno calibre 600 (6/1000"=152 micras) de 3 m × 3 m y 2.5 m × 2.5 m, tarimas de madera, sacos de polietileno, bolsas plásticas herméticas, bridas de plástico, sacos de arena cilíndricos de 70 cm x 15 cm x 10 cm, bandejas circulares desechables de 20 cm de diámetro, tabletas de 3 g GASTION® 57 FT de fosforo de aluminio, homogenizador de semillas Dean Gamet MFG Co Minneapolis, balanza digital, báscula, medidor de humedad GAC2100, lupa de laboratorio, calador para muestrear sacos de polietileno, tamices # 12 (12/64"), # 6 (6/64).

### **Diseño experimental y análisis estadístico.**

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos que fueron las dosis de fumigación (cero, baja, media y alta) y medidas repetidas en el tiempo a los 0, 10, 20, 30, 40 días. Se realizaron tres repeticiones para cada uno de los tratamientos, para un total de 12 unidades experimentales (Cuadro 1).

Los datos fueron analizados a través del programa estadístico "Statistical Analysis Software" (SAS, versión 9.4) realizándose un análisis de varianza, una separación de medias Duncan y una separación de medias ajustadas (LSMeans) para evaluar la interacción entre los tratamientos y el tiempo.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos de fumigación con fosfuro de aluminio al grano de maíz amarillo comercial importado.

Tratamientos	Dosis de fumigación
	Número tabletas/saco de 45.45 kg
Sin concentración de fosfina	Sin fumigante
Baja concentración de fosfina	1 tableta de 3 g GASTION® 57 por cada 8 sacos de 45.45 Kg de grano
Media concentración de fosfina	1 tableta de 3 g GASTION® 57 por cada 5 sacos de 45.45 Kg de grano
Alta concentración de fosfina	1 tableta de 3 g GASTION® 57 por cada saco de 45.45 Kg de grano

#### Llenado de sacos e infestación.

Se llenaron los sacos de polietileno con 45.45 kg de grano de maíz de cada uno de los tratamientos establecidos. En cada uno de los sacos se colocaron 25 adultos de *Sitophilus* spp. y luego se selló el saco.

#### Acondicionamiento y fumigación.

Se estibarono ocho (8), cinco (5) y un saco de grano de maíz de 45.45 kg sobre tarimas de madera. Las tarimas de ocho y cinco sacos se taparon con toldos de polietileno, colocando sacos de arena sobre las orillas para crear un ambiente hermético para la fumigación y dejando uno de los lados sin sellar para introducir la bandeja circular con las respectivas dosis de fosfuro de aluminio. El tratamiento de alta y sin dosificación se introdujo en una bolsa plástica hermética.

Se colocó una tableta de GASTION® 57 FT por cada ocho, cinco y un saco de 45.45 Kg sobre una bandeja cilíndrica desechable. De acuerdo a las especificaciones de la empresa fabricante, un comprimido o tableta de fosfuro de aluminio es equivalente a 1 gramo de fosfina/1 m<sup>3</sup> o 718.3 ppm. Luego se procedió a tapar el lado restante de los tratamientos con cinco y ocho quintales colocando los sacos de arena sobre el plástico para tener hermetismo total y el saco dentro de la bolsa plástica hermética se selló con bridas de plástico para generar un ambiente hermético (Cuadro 2). Para finalizar se rotularon las unidades experimentales con información de advertencia de material fumigado y con la identificación de cada tratamiento.

Cuadro 2. Descripción de la concentración de fosfina en los tratamientos.

Cantidad de sacos por tarima	Altura (m)	Largo (m)	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Número de pastillas de fosforo de aluminio	Concentración de fosfina por tratamiento (ppm)
8	0.70	1.20	1.10	0.92	1	780.76 (BCF)
5	0.50	1.20	1.10	0.66	1	1088.33 (MCF)
1	0.44	0.85	0.50	0.19	1	3780.52 (ACF)

BCF: Baja concentración de fosfina.

MCF: Media concentración de fosfina.

ACF: alta concentración de fosfina.

### Muestreo.

Para que el muestreo sea representativo, la muestra deberá poseer todas las características del lote. Al ser productos ensacados, primero se estableció el número de sacos a muestrear. Según la D'Antonino *et al.* (1993) cuando el lote contiene menos de 10 sacos, todos los envases deben muestrearse. Por ello, se realizó un plan de muestreo que consistía en extraer 1 kg (1000 g) de cada tratamiento. Se utilizó un calador de alveolo de doble tubo y se introdujo uno o dos veces por saco hasta completar la cantidad requerida de muestra.

### Determinación de humedad de la semilla.

Se tomaron 250 g proveniente de la muestra homogenizada de 1 kg (1000 g) y se tomó la lectura de humedad según las especificaciones del uso del equipo GAC2100.

### Presencia de insectos vivos y muertos.

Se tomó una muestra de 1 kg (1000 g) de grano de maíz homogenizado y se pasó por un tamiz #12 (12/64") para determinar la cantidad total de insectos vivos y muertos de *Sitophilus* spp. a los 0, 10, 20, 30 y 40 días.

### Porcentaje de daño por insectos.

Se tomaron 250 g de granos de maíz provenientes de la muestra homogenizada de 1 kg (1000g) y se observaron con una lupa de laboratorio, para determinar agujeros u otro indicador de daño por insectos. Se pesaron los granos dañados para calcular el porcentaje.

### Porcentaje de impurezas.

Se tomó una muestra de 1 kg (1000 g) de grano de maíz homogenizada y se pasó por un tamiz #6 (6/64") para determinar la cantidad de impurezas presentes en cada lote (CIMMYT 2016). Se pesaron las impurezas y para calcular el porcentaje.

**Porcentaje de grano quebrado.**

Se tomaron 250 g de granos de maíz proveniente de la muestra homogenizada de 1 kg (1000 g). Se usaron como parámetros de determinación los propuestos por CIMMYT (2016), que indican que el grano quebrado es todo material que pasa a través de una malla de criba de orificios redondos #12 (12/64”), y que queda por encima de una malla de la criba con orificio redondos #6 (6/64), además de aquellos trozos de maíz que tienen un tamaño inferior al 50%. Se pesaron los granos quebrados y se calculó el porcentaje.

**Análisis económico.**

Se determinaron los costos variables de cada tratamiento basado en precios de mercado de la tableta de aluminio y mano de obra empleada. Además, se estipuló un costo diario de almacenamiento en la bodega de semillas de USD 0.0045/45.45 Kg de acuerdo a Blandón (2010).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Temperatura y humedad relativa durante la fumigación.

La temperatura promedio de la bodega a lo largo del estudio fue de  $27.29 \pm 1.09$  °C y  $60.13 \pm 5.47\%$  para humedad relativa siendo este último factor el que ocasiona la reacción del fosforo de aluminio para convertirse en fosfina (USDA 2006). Según Xianchang (1994) la humedad relativa tiene mayor incidencia que la temperatura de almacén, sobre la velocidad de reacción del fosforo de aluminio a fosfina; y de acuerdo a los resultados de su investigación a una temperatura de 30 °C y 70% de humedad relativa, la reacción de fosforo de aluminio a fosfina tarda 40 horas, pero si las condiciones cambian y se acerca a 20 °C de temperatura y 50% de humedad relativa, la reacción tarda 98 horas.

El día que se efectuó la fumigación en todos los tratamientos se mantuvo una temperatura de  $28.24 \pm 2.54$  °C y una humedad relativa de  $50.36 \pm 6.34\%$ . Sin embargo, en el momento específico de la aplicación de fosforo de aluminio el rango de temperatura fue de 25.24 – 27.29 °C con una humedad relativa entre 54.25 – 60.08%. Según lo descrito por D'Antonino *et al.* (1993), cuando la temperatura es mayor a 25 °C se debe dejar un mínimo de 72 horas de exposición. En el presente estudio para las fumigaciones de alta, media y baja concentración se tuvo una exposición del gas de 10 días. La descripción de temperatura y humedad relativa durante la aplicación de fosforo de aluminio esta descrita en el cuadro 3.

Cuadro 3. Promedios y desviación estándar de temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante la aplicación de fosforo de aluminio a diferentes concentraciones en grano de maíz amarillo comercial importado.

Dosificación	Tratamiento		Condiciones de almacenamiento	
	Tiempo de exposición	Frecuencia de aplicación	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
SCF	10 días	Sin fumigación	$26.43 \pm 0.07$	$56.91 \pm 0.18$
ACF	10 días	Una fumigación	$27.29 \pm 0.12$	$54.25 \pm 0.36$
MCF	10 días	Una fumigación	$25.24 \pm 0.07$	$60.08 \pm 0.20$
BCF	10 días	Una fumigación	$25.84 \pm 0.06$	$59.10 \pm 0.17$

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

### Contenido de humedad del grano de maíz.

La humedad del grano fue óptima para el desarrollo de insectos, según Palafox *et al.* (2007) cuando el grano tiene una humedad de 12 – 14%, las plagas se desarrollan y reproducen con facilidad. Respecto a contenido de humedad del grano, ninguno de los tratamientos presentó diferencia estadística ( $P>0.05$ ) a través del tiempo (0, 10, 20 30 y 40 días), y tampoco presentó diferencia estadística entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Estos resultados difieren de Cabrera (2007) que determinó que el porcentaje de humedad del grano almacenado en bodega iba aumentando durante los días de almacenamiento para dos variedades de frijol, en el presente estudio el mantenimiento de la humedad se debió a que el sistema de almacenamiento fue hermético, lo cual impidió la interacción entre el ambiente externo e interno de cada tratamiento (Cuadro 4).

No hubo variaciones significativas de contenido de humedad del grano de maíz debido a la acción del fumigante reafirmando lo descrito por Mendoza (2012), quien indica que el porcentaje de humedad de la semilla de maíz no cambia al reaccionar el fosforo de aluminio (AIP) con la humedad del ambiente para producir fosfina (PH<sub>3</sub>) (Figura 1)

Cuadro 4. Contenido de humedad (%) en el grano de maíz amarillo comercial importado durante el desarrollo del experimento.

Tratamiento	Día <sup>‡</sup>				
	Media ± DE <sup>(NS)</sup>				
	0	10	20	30	40
SCF	13.27 ± 0.71	13.10 ± 0.71	13.30 ± 0.10	13.30 ± 0.17	13.33 ± 0.06
ACF	13.10 ± 0.20	13.00 ± 0.26	13.21 ± 0.19	13.20 ± 0.10	13.17 ± 0.23
MCF	13.00 ± 0.10	13.20 ± 0.17	13.13 ± 0.15	13.30 ± 0.10	13.10 ± 0.00
BCF	13.01 ± 0.45	13.07 ± 0.12	13.07 ± 0.15	13.40 ± 0.20	13.13 ± 0.06
CV (%)	3.32	1.34	1.16	1.13	0.93

<sup>‡</sup> No existieron diferencias significativas en el tiempo ( $P>0.05$ ).

NS: No existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

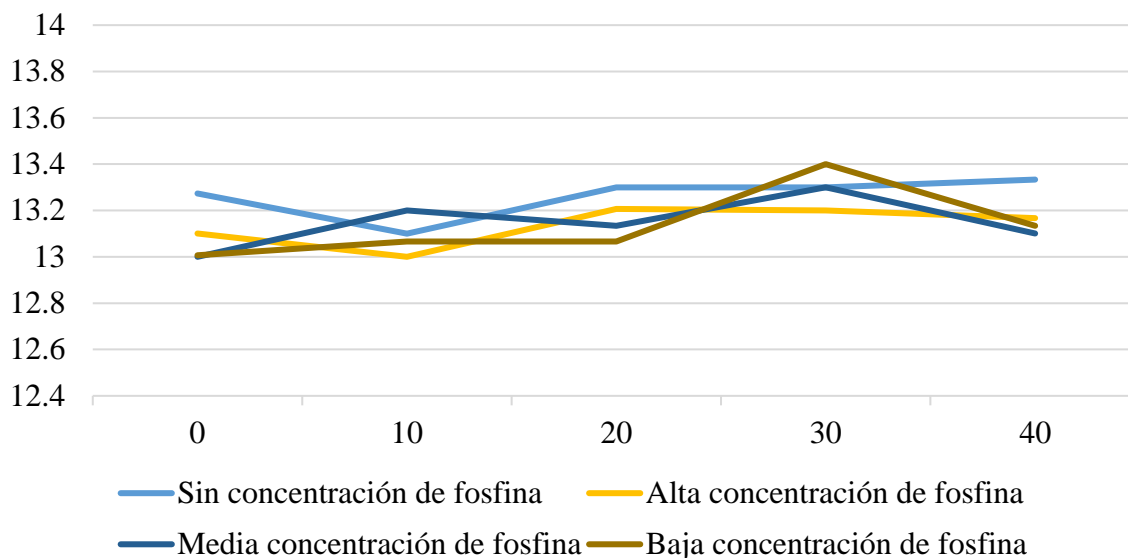


Figura 1. Variaciones en contenido de humedad del grano de maíz amarillo importado fumigado a través del tiempo.

### Presencia de insectos vivos.

El método más eficaz para control de insectos es el uso de fosfuro de aluminio según menciona Medrano (2000), quien evaluó el uso de un tratamiento químico frente a tratamientos orgánicos en el control de *Sitophilus zeamais*. Al día 0 los tratamientos alta, media y baja concentración no tenían diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) en cuanto a número de especímenes vivos presentes, sin embargo, el control que no tenía dosificación alguna si presentó diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) con el resto de tratamientos (Cuadro 5).

El tratamiento control tuvo una población inicial (día 0) de  $24.00 \pm 6.93$  individuos de *Sitophilus* spp. y al finalizar el experimento (día 40) esta población había incrementado a  $32.33 \pm 1.53$  especímenes, es decir un 34% aprox. de su población inicial. Según Cubillos (1983) “Las hembras de *Sitophilus* spp. pueden colocar entre 300 y 400 huevos, que tardan de 4 a 6 semanas en transformarse en adultos, dependiendo de la temperatura y humedad relativa del ambiente”.

La temperatura óptima para el desarrollo y reproducción de los insectos del genero *Sitophilus* spp. es de 26 a 30 °C y la humedad relativa (HR%) de 70% (Morales 2011), teniendo en la bodega 2, un promedio de 27.29 °C y 60.13% respectivamente, lo cual favoreció el crecimiento de los especímenes a través del tiempo del tratamiento control. En las dosificaciones baja, media y alta concentración no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los días 10, 20, 30 y 40, sugiere que los tres tratamientos fueron eficaces en el control de *Sitophilus* spp. a través del tiempo.

Cuadro 5. Promedios y desviación estándar de la presencia de insectos vivos de *Sitophilus* spp. a través del tiempo en grano de maíz amarillo comercial importado.

Trat.	Día				
	Media ± DE				
	0	10	20	30	40
SCF	24.00 ± 6.93 <sup>Ax</sup>	22.67 ± 2.08 <sup>Ax</sup>	28.00 ± 3.46 <sup>Aw</sup>	29.33 ± 2.31 <sup>Aw</sup>	32.33 ± 1.53 <sup>Aw</sup>
ACF	19.33 ± 3.79 <sup>Bw</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>
MCF	17.00 ± 2.65 <sup>Bw</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>
BCF	19.00 ± 3.61 <sup>Bw</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>Bx</sup>
CV (%)	22.88	18.37	24.74	15.75	9.45

<sup>wx</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

<sup>AB</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Trat: Tratamiento.

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

### Presencia de insectos muertos.

La fosfina actúa sobre los insectos por asfixia, afectando procesos metabólicos y enzimáticos del sistema respiratorio (Cermeli y Díaz s.f.). Como menciona Semple y Kirenga (1994) “la concentración mínima requerida para la mortalidad total de todos los estadios de los insectos es de 150 ppm durante cuatro días de exposición con temperaturas sobre los 20 °C” o para USDA (2006) un mínimo de 300 ppm durante cuatro días. En este estudio se tenían concentraciones de: 3780.52, 1088.33 y 780.76 ppm para 1, 5 y 8 sacos respectivamente, ya que las dosis son variables según el tipo de almacenaje, o el tipo de insectos del cual se trate (Caro 1997).

Respecto a especímenes muertos, en el tratamiento control no hubo diferencia estadística a través del tiempo (P>0.05). Por otro lado, en los tratamientos alta, media y baja concentración hubo diferencia estadística a través del tiempo (P<0.05). A partir de los 10 días hubo un incremento considerable de insectos muertos, debido a la aplicación del fumigante. A partir de este punto, la cantidad de especímenes muertos fueron disminuyendo a los 20, 30 y 40 días (Cuadro 6).



Cuadro 6. Promedios y desviación estándar de la presencia de insectos muertos de *Sitophilus* spp. a través del tiempo en grano de maíz amarillo comercial importado.

Trat.	Día				
	Media ± DE				
	0	10	20	30	40
SCF	6.00 ± 1.73 <sup>A w</sup>	7.00 ± 0.58 <sup>B w</sup>	9.33 ± 2.31 <sup>A w</sup>	7.33 ± 0.58 <sup>A w</sup>	7.66 ± 1.53 <sup>AB w</sup>
ACF	4.67 ± 2.89 <sup>A z</sup>	15.00 ± 2.65 <sup>A w</sup>	11.67 ± 4.04 <sup>A wx</sup>	9.67 ± 2.52 <sup>A xy</sup>	7.33 ± 1.53 <sup>AB yz</sup>
MCF	3.00 ± 1.00 <sup>A y</sup>	16.00 ± 4.36 <sup>A w</sup>	9.00 ± 1.73 <sup>A x</sup>	9.33 ± 2.08 <sup>A x</sup>	9.67 ± 2.52 <sup>A x</sup>
BCF	4.33 ± 2.52 <sup>A y</sup>	16.67 ± 1.53 <sup>A w</sup>	10.33 ± 1.53 <sup>A x</sup>	6.33 ± 0.58 <sup>A y</sup>	6.00 ± 1.00 <sup>B y</sup>
CV (%)	48.01	19.71	25.77	20.61	22.59

<sup>wxyz</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).  
<sup>AB</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Trat: Tratamiento.

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

La mortalidad en el tratamiento control se debe a la culminación normal del ciclo de vida el cual estuvo en un rango de 17 – 25% a través de los 40 días de evaluación, al igual que todos los tratamientos en el día 0 cuyo rango fue de 15 – 20%, resultado que concuerda con Acuña (2013) que evaluó un método con deltametrina para minimizar el desarrollo de poblaciones de *Rhyzopherta dominica* (F) (Coleoptera, Bostrichidae) y *Tribolium castaneum* (Duval) (Coleoptera, Tenebrionidae) en arroz en granza y tuvo un porcentaje de mortalidad de insectos de 22% en su tratamiento control (Cuadro 7). Los tratamientos alta, media y baja concentración tuvieron un 100% de efectividad en el control de *Sitophilus* spp., reduciendo en su totalidad la presencia de esta plaga.

Cuadro 7. Porcentaje de mortalidad de *Sitophilus* spp. en grano de maíz amarillo comercial importado tratado con fosfuro de aluminio.

Tratamiento	Día				
	% Mortalidad				
	0	10	20	30	40
Sin concentración de fosfina (0 ppm)	20	17	25	20	19
Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm)	19	100	100	100	100
Media concentración de fosfina (1088.33 ppm)	15	100	100	100	100
Baja concentración de fosfina (3780.52 ppm)	19	100	100	100	100

La relación entre el porcentaje de mortalidad de insectos en cada uno de los tratamientos a través del tiempo esta descrita en la figura 2.

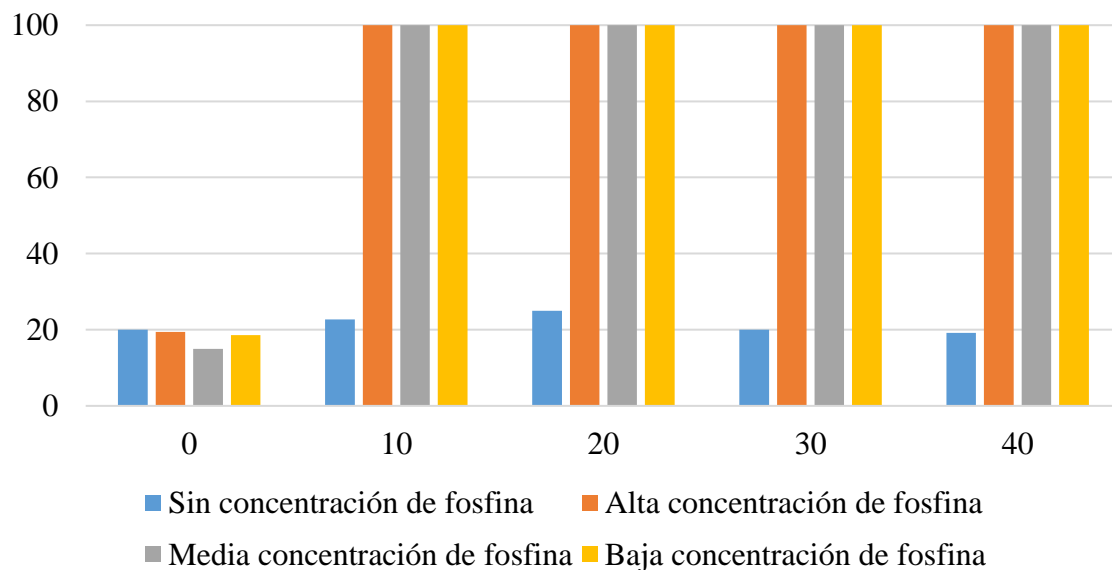


Figura 2. Porcentaje de mortalidad de insectos en cada tratamiento utilizado a través del tiempo.

### **Daño por insecto.**

La susceptibilidad de los cereales a las plagas de los granos almacenados depende de las características físico químicas del grano, material genético y especie de insecto (Descamps *et al.* 2004). Todos los tratamientos en el día 0 no tuvieron diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) en el porcentaje de daño por insecto del grano evaluado. En el tratamiento control los porcentajes de daño fueron en aumento a los 10, 20, 30 y 40 días, existiendo diferencia estadística a través del tiempo ( $P < 0.05$ ), teniendo un porcentaje de daño inicial (día 0) de  $0.99\% \pm 0.25$  llegando

a  $2.85\% \pm 0.12$  terminado el experimento (día 40). Estos resultados coinciden con Ahmed *et al.* (2013) quienes infestaron especies de insectos (*Rhyzopertha dominica* [F], *Trogoderma granarium* Everts, *Tribolium castaneum* [Herbst] y *Sitophilus oryzae* [L.]) en trigo almacenado y encontraron que cuando la población del insecto aumenta, existe una correlación directa con el grano dañado y pérdida de peso.

En los tratamientos de baja, media y alta concentración el daño por insecto se detuvo en el momento que se efectuó la fumigación, y no hubo diferencia estadística a los 10, 20, 30 y 40 días ( $P > 0.05$ ), debido a que se tuvo un 100% de mortalidad de insectos, por lo tanto, no había especímenes que continúen afectado el grano.

La descripción del porcentaje de daño por *Sitophilus* spp. y otros insectos secundarios en el grano esta descrita en el cuadro 8.

Cuadro 8. Porcentaje de daño (%) por *Sitophilus* spp. y otros insectos secundarios en grano de maíz amarillo comercial importado.

Trat.	Día				
	Media $\pm$ DE				
	0	10	20	30	40
SCF	$0.99 \pm 0.25^{Ax}$	$1.09 \pm 0.15^{Ax}$	$1.25 \pm 0.08^{Ax}$	$2.43 \pm 0.46^{Aw}$	$2.85 \pm 0.12^{Aw}$
ACF	$1.17 \pm 0.62^{Aw}$	$1.10 \pm 0.66^{Aw}$	$0.96 \pm 0.63^{Aw}$	$1.08 \pm 0.45^{Bw}$	$0.86 \pm 0.19^{Bw}$
MCF	$0.79 \pm 0.12^{Aw}$	$0.78 \pm 0.12^{Aw}$	$0.76 \pm 0.08^{Aw}$	$0.88 \pm 0.04^{Bw}$	$1.20 \pm 0.31^{Bw}$
BCF	$0.71 \pm 0.12^{Aw}$	$0.82 \pm 0.09^{Aw}$	$0.76 \pm 0.20^{Aw}$	$0.75 \pm 0.02^{Bw}$	$0.85 \pm 0.19^{Bw}$
CV (%)	37.38	36.43	36.19	25.3	15.12

<sup>wxy</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ).

<sup>AB</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Trat: Tratamiento.

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

### Costo de aplicación.

Se evaluaron los costos de fumigación del grano para cada uno de los tratamientos, comparándose el costo variable según el tiempo de almacenamiento en bodega: USD 0.0045/45.45 Kg por día (Blandón 2010) y costo de aplicación del fumigante basándonos en el costo de 1 hora de trabajo. La fumigación de menor costo fue la de baja concentración obteniéndose un costo de USD 0.24 por saco de 45.45 kg de grano de maíz, siendo este tratamiento el más efectivo para control de *Sitophilus* spp. obteniéndose un porcentaje de

mortalidad del 100% a través del tiempo. Los tratamientos de alta y media concentración fueron de igual manera eficientes en el control de *Sitophilus* spp. que el tratamiento de baja concentración, sin embargo, los costos fueron más altos, resultando en USD 1.61 y 0.36 respectivamente (Cuadro 9).

Para asegurar efectividad en el control de insectos en semillas se debe considerar la medición de la concentración letal de fosfina durante las aplicaciones, la cual según Semple y Kirenga (1994) debe ser como mínimo de 150 ppm durante 4 días de exposición con temperaturas sobre los 20 °C, para USDA (2006) un mínimo de 300 ppm durante 4 días. En el presente estudio las concentraciones para los tratamientos de alta, media y baja fumigación fueron de 3780.52, 1088.33 y 780.76 ppm respectivamente; lo cual indica que las concentraciones mínimas sugeridas se sobrepasaron.

Cuadro 9. Costos variables de fumigación de grano de maíz amarillo comercial importado con diferentes dosificaciones.

Dosificación	Tratamiento		Detalle de costos		
	Tiempo de exposición	Frecuencia de aplicación	Costo de aplicación USD/ 45.45 Kg	Costo de almacén USD/ 45.45 Kg	Costo total USD/ 45.45 Kg
SCF	10 días	Sin fumigación	0	0.05	0.05
ACF	10 días	Una fumigación	1.56	0.05	1.61
MCF	10 días	Una fumigación	0.31	0.05	0.36
BCF	10 días	Una fumigación	0.19	0.05	0.24

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

#### 4. CONCLUSIONES

- La fosfina resultó en un 100% de efectividad en el control de *Sitophilus* spp. en todas las concentraciones usadas.
- El daño causado por insectos *Sitophilus* spp. y otros insectos secundarios presentes en los granos se detuvo en el momento que se aplicó la fumigación.
- La aplicación de una fumigación baja durante 10 días de exposición al fumigante tuvo un total de costos variables de USD 0.24 por cada saco de 45.45 Kg siendo el tratamiento de fumigación más económico bajo las condiciones de Zamorano.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Evaluar la efectividad de fumigación al infestar el maíz artificialmente con insectos primarios y secundarios, usando diferentes dosis de fumigación y tiempo de exposición al fumigante.
- Evaluar distintas dosis de fumigación a diferentes porcentajes de humedad y temperatura del grano, temperatura y humedad relativa ambiental y tiempos de exposición al fumigante.
- Evaluar los tratamientos con otros granos almacenados en la planta de semillas de la EAP.

## 6. LITERATURA CITADA

Acuña A. 2013. Evaluación de un método de control con deltametrina para minimizar el desarrollo de poblaciones de *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera, bostrichidae) y *Tribolium castaneum* (Duval) (Coleoptera, Tenebrionidae) en arroz en granza [Tesis]. Universidad de Costa Rica-Costa Rica. 67 p.

Ahmed, M, Ahmad, A, Rizvi S, Ahmad T. 2013. Storage losses caused by four stored grain insect pest species and the development of a mathematical model for damage grain. *International Journal of Agricultural Applied Science*, 5: 34–40 p.

Blandón M. 2010. Evaluación de tres métodos de almacenamiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto en los atributos de la calidad del grano [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 36 p.

Cabrera M. 2007. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado en la Escuela Agrícola Panamericana [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 36 p.

Caro A. 1997. Manual sobre administración de bodegas de alimentos: Proyecto de asistencia técnica en postcosecha y comercialización de granos y papa [GCP/ECU/065/NET]. Ecuador: FAO, MAG; [consultado el 12 de sep. de 2018]. <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/20/13950925849400/c12.pdf>.

Cermeli M, Díaz G. s.f. Control químico de insectos plaga: Fundamentos del manejo integrado de insectos plagas. Universidad Central de Venezuela; [consultado el 11 de sep. de 2018]. [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Zoologia\\_Agricola/ManejoIntegrado/Competencia/GUIACONTROL\\_QUIMICO\\_FMIIIP\\_2016.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Zoologia_Agricola/ManejoIntegrado/Competencia/GUIACONTROL_QUIMICO_FMIIIP_2016.pdf)

CIMMYT. 2016. Calidad de grano para técnicos postcosecha [Laboratorio de calidad nutricional de maíz]. México: CIMMYT; [consultado el 13 de sep. de 2018]. [http://conservacion.cimmyt.org/en/component/docman/doc\\_view/2022-calidad-de-grano-para-tecnicos-](http://conservacion.cimmyt.org/en/component/docman/doc_view/2022-calidad-de-grano-para-tecnicos-).

Cubillos A. 1983. Proyecto FAO PFL/CHI/001: Estudio de evaluación de pérdidas de granos básicos postcosecha. Documento de campo 1. Estación Experimental La Platina: FAO; [consultado el 10 de sep. de 2018]. <http://www.fao.org/docrep/X5030S/x5030S01.htm>.

D'Antonino LR, Texeira MM, Marques JA, Ribeiro AL, Pereira FA. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural: Conservación y protección de los granos almacenados [Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación]. Chile: FAO; [consultado el 9 de sep. de 2018]. <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S00.htm>.

Descamps L, Reviriego M, Suárez A, Ferrero A. 2004. Reproducción de *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) y de *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleóptera: Tenebrionidae) en cultivares de trigo argentinos [internet]. España: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España (MAPAMA). [consultado el 11 de sep. de 2018]. [https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_plagas%2FBSVP-30-01-02-171-176.pdf](https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-30-01-02-171-176.pdf).

FAO (Food and Agriculture Organization). 1985. Insectos que dañan granos productos almacenados [Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe]. Chile: FAO; [consultado el 5 de sep. de 2018]. <http://www.fao.org/docrep/x5053S/x5053s00.htm>.

García DE. 2009. Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"-México. 67 p.

Hena RM. 1984. Reconocimiento y manejo de problemas fitosanitarios en productos almacenados. Colombia: IICA; [consultado el 2 de ago. de 2018]. [https://books.google.hn/books?id=V7K\\_EM2XuqcC](https://books.google.hn/books?id=V7K_EM2XuqcC).

Hernández D, Escalona B. 2014. Insectos plaga de alimentos almacenados y sus enemigos naturales en el estado Lara, Venezuela [Departamento de ciencias biológicas]. Venezuela: [sin editorial]. ISSN: 0375-538x. 48–63 p.

Medrano MI. 2000. Evaluación de tres productos orgánicos para el control de gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* M, en granos almacenados; en el municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala-Guatemala. 48 p.

Mendoza G. GA. 2012. Efecto de frecuencia de aplicación y tiempo de exposición al fosforo de aluminio (AIP) en la calidad de semilla de maíz en Zamorano [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 27 p.

Morales R. 2011. Evaluación de follaje de tres especies arbóreas nativas sobre *Sitophilus oryzae* L. en trigo almacenado [Tesis]. Universidad Austral de Chile-Chile. 45 p.

Ortega CA. 1987. Insectos nocivos del maíz: Una guía para su identificación en el campo. México D.F.: CIMMYT. 106 p. ISBN: 968-6127-10-0.



Palafox A, Espinosa A, Rodriguez F, Becerra EN. 2007. Tolerancia a infestación por gorgojos (*Sitophilus* spp.) en genotipos de maíz comunes y de alta calidad proteínica [Agronomía mesoamericana]. México: [sin editorial]. ISSN: 1021-7444.

Semple RL, Kirenga GI. 1994. Facilitating regional trade of agricultural commodities in eastern, central and southern Africa: Phytosanitary standards to restrict the further rapid spread of the Larger Grain Borer (LGB) in the region. Tanzania: Dar es Salaam Univ. Press. 1 volume (loose-leaf). ISBN: 9987-24-002-X.

USDA (US Department of Agriculture). 2006. Fumigation Handbook. Washington D.C., Estados Unidos de América. 67 p.

Xianchang T. 1994. Evolution of phosphine from aluminium phosphide formulations at various temperatures and humidities: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection Canberra, Australia. p. 201-20.

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Promedios y desviación estándar de la presencia de insectos vivos de *Tribolium* spp. a través del tiempo en grano de maíz amarillo comercial importado.

Trat.	Día				
	0	10	20	30	40
SCF	11.00 ± 8.89 <sup>yB</sup>	18.67 ± 1.15 <sup>wA</sup>	20.33 ± 3.21 <sup>wA</sup>	21.33 ± 4.04 <sup>wA</sup>	24.67 ± 4.04 <sup>wA</sup>
ACF	18.33 ± 10.01 <sup>wxA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>
MCF	12.67 ± 2.52 <sup>xyA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>
BCF	20.67 ± 9.61 <sup>wA</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>xB</sup>
CV (%)	53.21	12.37	31.62	37.89	32.77

<sup>AB</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

<sup>wx</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Trat: Tratamiento.

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

**Anexo 2.** Promedios y desviación estándar de los porcentajes de mortalidad de *Tribolium* spp. en grano de maíz amarillo comercial importado tratado con fosforo de aluminio.

Trat.	Día				
	Media ± DE				
	0	10	20	30	40
SCF	3.33 ± 3.21 <sup>wA</sup>	3.33 ± 4.04 <sup>yA</sup>	3.67 ± 0.58 <sup>xA</sup>	6.00 ± 3.46 <sup>wA</sup>	7.33 ± 0.58 <sup>wA</sup>
ACF	3.00 ± 2.65 <sup>wB</sup>	15.00 ± 3.46 <sup>wA</sup>	5.67 ± 2.08 <sup>xB</sup>	7.67 ± 2.89 <sup>wB</sup>	7.00 ± 3.00 <sup>wB</sup>
MCF	1.67 ± 0.58 <sup>wB</sup>	9.33 ± 6.03 <sup>xA</sup>	8.33 ± 5.03 <sup>wxA</sup>	7.67 ± 1.53 <sup>wA</sup>	7.67 ± 0.58 <sup>wA</sup>
BCF	4.00 ± 1.00 <sup>wC</sup>	16.67 ± 3.21 <sup>wA</sup>	11.00 ± 1.00 <sup>wB</sup>	5.67 ± 2.08 <sup>wC</sup>	4.33 ± 2.08 <sup>wC</sup>
CV (%)	72.01	39.07	38.84	38.49	28.42

<sup>ABC</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

<sup>wxy</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Trat: Tratamiento.

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

**Anexo 3.** Promedios y desviación estándar de los porcentajes de impurezas del grano de maíz amarillo comercial importado tratado con fosforo de aluminio.

Trat.	Día				
	Media ± DE				
	0	10	20	30	40
SCF	5.73 ± 2.66 <sup>wA</sup>	6.84 ± 2.15 <sup>wA</sup>	8.43 ± 4.26 <sup>wxA</sup>	5.56 ± 1.44 <sup>wA</sup>	6.33 ± 3.90 <sup>wA</sup>
ACF	9.35 ± 5.46 <sup>wAB</sup>	9.09 ± 3.38 <sup>wAB</sup>	11.18 ± 3.83 <sup>wA</sup>	8.01 ± 3.72 <sup>wAB</sup>	5.79 ± 2.83 <sup>wB</sup>
MCF	9.34 ± 2.29 <sup>wA</sup>	9.36 ± 1.28 <sup>wA</sup>	4.76 ± 1.23 <sup>xB</sup>	8.05 ± 1.75 <sup>wAB</sup>	9.09 ± 0.82 <sup>wAB</sup>
BCF	7.25 ± 3.09 <sup>wAB</sup>	10.82 ± 1.37 <sup>wA</sup>	5.75 ± 1.03 <sup>xB</sup>	8.03 ± 0.89 <sup>wAB</sup>	7.91 ± 1.26 <sup>wAB</sup>
CV (%)	45.41	24.50	39.48	30.01	34.67

<sup>AB</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

<sup>wx</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Trat: Tratamiento.

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

**Anexo 4.** Promedios y desviación estándar de los porcentajes de grano quebrado de maíz amarillo comercial importado tratado con fosforo de aluminio.

Trat.	Día				
	Media ± DE				
	0	10	20	30	40
SCF	9.09 ± 1.76 <sup>w A</sup>	8.75 ± 3.25 <sup>w AB</sup>	4.80 ± 0.6 <sup>x B</sup>	5.69 ± 0.96 <sup>x AB</sup>	5.71 ± 4.31 <sup>wx AB</sup>
ACF	9.96 ± 5.53 <sup>w A</sup>	9.01 ± 3.31 <sup>w A</sup>	9.71 ± 1.88 <sup>w A</sup>	9.84 ± 1.61 <sup>wx A</sup>	8.60 ± 1.29 <sup>w A</sup>
MCF	12.28 ± 1.56 <sup>w A</sup>	6.25 ± 4.06 <sup>w BC</sup>	5.59 ± 1.06 <sup>wx C</sup>	10.45 ± 3.20 <sup>w AB</sup>	4.04 ± 1.66 <sup>x C</sup>
BCF	11.47 ± 2.74 <sup>w A</sup>	8.79 ± 1.13 <sup>w AB</sup>	5.27 ± 2.00 <sup>x B</sup>	9.01 ± 2.04 <sup>wx AB</sup>	7.97 ± 0.49 <sup>wx AB</sup>
CV (%)	30.85	38.22	23.69	24.18	36.66

<sup>ABC</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

<sup>wx</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Trat: Tratamiento.

SCF: Sin concentración de fosfina (0 ppm).

ACF: Alta concentración de fosfina (3780.52 ppm).

MCF: Media concentración de fosfina (1088.33 ppm).

BCF: Baja concentración de fosfina (780.76 ppm).

## Anexo 5. Ficha técnica del fumigante utilizado en los tratamientos.



### FICHA TÉCNICA

GASTION®

**Nombre Comercial:** GASTION®  
**Clase:** Fumigante Sólido  
**Grupo:** Fosfamina  
**Tipo:** Tabletas Gasificantes  
**Nombre común:** Fosforo de Aluminio  
**Composición:** Fosforo de Aluminio: 57%  
 Carbamato de Amonio, Estearato de Aluminio, Oxido de Aluminio, Parafina y Urea: 43%.

**Formulación:** Gastión se presenta en forma de Tabletas de tres gramos de peso, con capacidad de liberación de un gramo de fosforo de Hidrógeno en forma de gas.

**Características físicas:** Las tabletas redondeadas de Gastión son un fumigante sólido puro que liberan la Fosfamina en gas al contacto con la humedad del aire, gas tóxico, muy corrosivo, de fuerte olor, incoloro y altamente volátil.

**Indicaciones:** Gastión es un fumigante indicado para la protección de los Granos Almacenados, y controla eficazmente todos los Insectos en sus diversas etapas evolutivas y los Roedores-Plaga que afectan:

<i>Aracoenus fasciculatus</i>	Gorgojo del Café
<i>Acanthocelidies obtectus</i>	Gorgojo de los frijoles
<i>Sitotroga cerealella</i>	Polilla de los granos
<i>Cryptolestes spp</i>	Carcoma achata
<i>Lasioderma serricornne</i>	Gorgojo del tabaco
<i>Oryzaephilus</i>	Gorgojo dentado
<i>Plodia interpuntella</i>	Polilla indígena de los granos
<i>Ryzopertha dominica</i>	Barrenador menor de los granos
<i>Sytophilus oryzae</i>	Gorgojo del arroz
<i>Tribolium castaneum</i>	Gorgojo castaño de la harina
<i>Tribolium confusum</i>	Gorgojo de la harina
<i>Anagasta kuehniella</i>	
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata de Noruega

Los productos agrícolas a granel:(Pueden ser tratados por acción directa) Almendra, cebada, maíz, cacao, café, trigo y avellanas, arroz, centeno, vegetales en vaina, soya.

Semillas de: algodón, pastos, flores, sésamo, azafran, soya, girasol.

Alimentos procesados: (No pueden ser tratados por acción directa) Chocolates, bizcochos, harinas de cereales y derivados, cacao en polvo, café, galletas, manzanas y zanahorias deshidratadas, leche en polvo, duraznos desecados, peras y espinacas deshidratadas, cereales envasados, masas, fécula de papa, fermento, condimentos, uvas, azúcar, pasas, té y carnes de cerdo procesadas. Alimentos para animales y sus ingredientes: (Pueden ser tratados por acción directa) Todos.

No Comestibles: Tabaco, algodón y productos de lana, pelucas, maderas, pieles, yute, papel.

**Modo de Empleo:** Todo el personal debe estar entrenado para el uso del Gastión y protegerse en forma adecuada con: Overoles, Mascarrilla antigas (Universal con válvula de escape y filtro específico para Fosforo de Aluminio), Botas y Guantes. Calcular la dosis apropiada según requerimientos, dada la alta volatilidad y gran capacidad de penetración de la Fosfamina, se debe hermetizar en lo posible el local o mercancía a fumigar, cuidar de no dejar escapar el gas hacia el vecindario, mantener tapado el frasco con el contenido adentro, evitar su humedecimiento, aplicar el producto

una vez se asegure la ausencia de personas o animales domésticos, alejarse de inmediato del área tratada .  
 Culinado el tratamiento se podrá ingresar al lugar protegido con el equipo recomendado. La máscara se puede retirar cuando el lugar tratado este completamente ventilado.

#### Dosificación

Aplicación	Dosis	Timepo mínimo de Exposición
Sitos Cerrados	3 a 6 Tab /Ton Métr.	72 Hras
Agranel. Bajo Lona	6 a 10 Tab /Ton Métr.	72 oras
Pilas de granos Ensacados	2 a 3 pr m3	3 a4 dÍAs
Barcos	3 a 6 Tab / on Métr.	72 Hoas
Camiones, Furgones	10 Tab / To Métr.	48Horas
Bodegas Vacías	1 Tab / 3	6 Horas

#### Precauciones de Manejo:

Leer bien la etiqueta antes de usar el producto.  
 - No dejar las tabletas expuestas a la humedad, siempre en su envase bien tapado.  
 - Tome precauciones donde existan metales como cobre, oro, bronce y latón.; puede ocurrir corrosión  
 - Nunca fumigar áreas donde exista equipo electrónico, telefónico, película fotográfica o papel copia, productos a proteger bien o retirar antes de la aplicación.  
 - Ajustarse a la dosificación, un periodo de exposición inferior no se compensa con una dosificación mayor.  
 - El Fosforo de Hidrogeno no tiene una gran poder de penetración y el gas puede fugarse lentamente a través de las paredes, asegúrese que las áreas vecinas no esten habitadas durante la fumigación.

#### Medidas de Seguridad:

- No fumar, comer o beber durante la aplicación.  
 - Mantener el lugar fresco y seco, lejos del alcance de los niños o los animales domésticos.  
 - Evitar la inhalación, el contacto por vía oral o cutánea.  
 - Usar elementos de protección para la manipulación del producto y para su aplicación.  
 - Colocar avisos de peligro en los locales que se encuentran en tratamiento.  
 - Destruir y enterrar los envases vacíos y el polvo residual de la descomposición del producto.  
 - En caso de intoxicación, alejar el paciente de la exposición y consultar de inmediato al Médico. En caso de intoxicación de animales consultar al médico veterinario.

**Presentación:** Lata X 500 Tabletas.

Registro ICA: 05.4-1828

#### IMPORTADO POR:



CARRERA 20 No. 169-25 TEL. 071 6745001 - 6745002 - 6705867 FAX. 071 6745002 E-MAIL. ventas@fitogranos.com - gerencia@fitogranos.com - www.fitogranos.com - BOGOTÁ - COLOMBIA.