

## Evaluación de la eficacia del fosfuro de aluminio para el control de *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Cryptolestes pusillus* (Schoenherr) (Coleoptera: Cucujidae) y *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) en condiciones de laboratorio.

Hernández Dilcia <sup>1</sup>, Delgado Nereida <sup>2</sup>, Arguello Gustavo <sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Biológicas, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Tarabana, Cabudare, Estado Lara. Venezuela.

<sup>2</sup>Instituto de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV), Maracay, Estado Aragua. Venezuela.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estado Trujillo. Pampanito Estado Trujillo. Venezuela.

### Resumen

HERNÁNDEZ D, DELGADO N, ARGUELLO G. 2012. Evaluación de la eficacia del fosfuro de aluminio para el control de *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Cryptolestes pusillus* (Schoenherr) (Coleoptera: Cucujidae) y *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) en condiciones de laboratorio. ENTOMOTROPICA 27(1): 1-6.

Los bioensayos se realizaron en el laboratorio de Evaluación de Insecticidas del Instituto de Zoología Agrícola, UCV-Maracay. Se evaluaron cinco dosis del insecticida: 0,29 (T1); 0,57(T2); 0,89 (T3); 1,14 (T4) y 1,43 (T5) gIA/m<sup>3</sup> más el control, en una cámara hermética de 6 m<sup>3</sup>. A las 72 horas de la aplicación del producto, el 100 % de mortalidad para *Oryzaephilus surinamensis* (L.) y *Tribolium castaneum* (Herbst), se alcanzó a las dosis de 0,89 gIA/m<sup>3</sup> y 0,57 gIA/m<sup>3</sup> respectivamente. Para *Cryptolestes pusillus* (Schoenherr), la mortalidad osciló entre 11,3 y 68,8 %. Los porcentajes de mortalidad a los 10 días para *O. surinamensis* y *T. castaneum*, se mantuvieron similares a los observados a las 72 h, mientras que para *C. pusillus* aumentó en los tratamientos 2 y 4, presentando diferencias significativas con el testigo. *T. castaneum* fue la especie más susceptible, debido a que a la concentración de 0,29 gIA/m<sup>3</sup> se observó un 83,8 % de mortalidad, mientras que para *O. surinamensis* fue de 37,5 % y para *C. pusillus* 11,3 %, siendo esta la especie que mostró la menor susceptibilidad al fosfuro de aluminio.

**Palabras clave adicionales:** Granos almacenados, Coleoptera, Control químico, *Zea mays*.

### Abstract

HERNÁNDEZ D, DELGADO N, ARGUELLO G. 2012. Evaluation of aluminum phosphide to control *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Cryptolestes pusillus* (Schoenherr) (Coleoptera: Cucujidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) under laboratory conditions. ENTOMOTROPICA 27(1): 1-6.

Bioassays were conducted at the Insecticides evaluation laboratory of Instituto de Zoología Agrícola, UCV-Maracay. Five doses of insecticide were evaluated: 0.29 (T1), 0.57 (T2), 0.89 (T3), 1.14 (T4) and 1.43 (T5) gIA/m<sup>3</sup> more control, in a 6 m<sup>3</sup> hermetic camera. At 72 h after release the product, the 100 % of mortality for *Oryzaephilus surinamensis* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) was reached at the dosis of 0,89 gIA/m<sup>3</sup> and 0,57 gIA/m<sup>3</sup> respectively. For *Cryptolestes pusillus* (Schoenherr), mortality ranged from 11.3 to 68.8 %. Likewise, mortality rates at 10 days for *O. surinamensis* and *T. castaneum* remained similar to those observed at 72 h, whereas for *C. pusillus* increased mortality in treatments 2 y 4, differing significantly from the control. *T. castaneum* was the most susceptible to aluminum phosphide, because the lowest concentration (0.29 gIA/m<sup>3</sup>) showed 83.8 % mortality. At the same concentration the mortality of *O. surinamensis* was 37.5 % and for *C. pusillus* 11.3 %, being the species that showed the lowest susceptibility to aluminum phosphide.

**Additional Key words:** Stored grain, Coleoptera, Chemical control, *Zea mays*

## Introducción

El uso de insecticidas químicos ha sido señalado en varios países como la única medida de control de insectos en granos almacenados. Dentro de los organofosforados empleados con fines curativos, el fosfuro de aluminio ha sido usado en China desde 1960 y ya para 1994 se señala que el 80 por ciento de las empresas almacenadoras de granos dependen de este producto para el control de insectos (Yan-Shen and Wen-Zhi 1994). Según Taylor (1989), el continuo y amplio uso de insecticidas puede resultar en el rápido desarrollo de resistencia. La dependencia excesiva en insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* Motsch y otros insectos en granos almacenados ha traído frecuentemente problemas de resistencia (Kay and Collins 1987; Guedes 1991; Subramanyam and Hagstrum 1996). La resistencia a la fosfina fue el primer reporte de resistencia señalado en cepas de *S. granarius* (L) proveniente de laboratorio (Monro et al. 1972); subsecuentemente la FAO señaló detalles de la presencia de resistencia a fosfina en varias especies de insectos plagas en granos almacenados, encontrándose por ejemplo, que ocho de 135 muestras de *S. oryzae* (L) provenientes de seis países fueron resistentes a la fosfina (Champ and Dyte 1976). Asimismo, Liang Quan (1976) señaló que en China los problemas de resistencia a la fosfina fueron detectados en cepas de *S. oryzae*, considerado la principal plaga de granos almacenados. Posteriormente, Taylor (1989) señaló amplia resistencia a la fosfina en varias especies de granos almacenados. Price (1984) y Whinks (1984) citados por Waterford and Winks (1994) han realizado estudios de importancia sobre la resistencia de *Rhyzoperta dominica* (F.) y *Tribolium castaneum* (Herbst).

Los trabajos de investigación sobre resistencia al fosfuro de aluminio han continuado y destacan los realizados por Yan-Shen and Wen-Zhi (1994); Waterford and Winks (1994); Rajendran and Navasimhan (1994); Benhalima

and Chaudhy (2004); Collins et al. (2005). En estudios recientes se demostró amplia resistencia a la fosfina en veinte poblaciones de *S. zeamais* en Brasil, siendo este el primer reporte de resistencia en este país (Pimentela et al. 2009).

En Venezuela sin embargo, a pesar de la importancia de la resistencia generada por el uso de fosfina, hay poca información sobre el estado de la resistencia en insectos asociados a granos almacenados. Venezuela es uno de los países donde por más de 20 años se han utilizado insecticidas químicos como medidas de control en granos almacenados; con fines preventivos, las deltametrinas y fosforados y con fines curativos el fosfuro de aluminio (Hernández 2010). En el país en años anteriores destacan los trabajos sobre evaluación de dosis, efectividad de control y persistencia de fumigantes (fosfuro de aluminio) y de organofosforados (Actellic 50, Malathion, Folithion 1000 CE) y piretroides (Solfac, K-Obiol,) usados frecuentemente en el país para el control y prevención de *S. zeamais* y *R. dominica*, principales insectos plagas en granos almacenados durante la época de realización de estos ensayos (Solórzano y Rivas 1992 y Castillo y Solorzano 1993 citados por Hernández 2010). Recientemente se evaluó la eficacia de insecticidas piretroides (deltametrina 25 %, deltametrina 2,5 %) y organofosforados (Fenthión 50 % y Primifosmetil 50 %), usados en forma preventiva y curativa para el control de *T. castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis* y *Criptolestes pusillus*, especies que aparecieron en mayor abundancia en maíz almacenado en silos, en dos empresas evaluadas en el estado Portuguesa. En estas empresas se utilizó el fosfuro de aluminio en las labores de control de insectos en el interior de los silos (Hernández 2010).

El objetivo de este ensayo fue evaluar en condiciones de laboratorio, la eficacia del fosfuro de aluminio, para el control de *O. surinamensis*, *T. castaneum* y *C. pusillus* en maíz almacenado en el estado Portuguesa.

## Materiales y Métodos

Estos bioensayos se realizaron en el laboratorio de Evaluación de Insecticidas, adscrito a la Unidad de Asesoramiento y Evaluación de Plaguicidas del Instituto de Zoología Agrícola, UCV-Maracay.

Para cada especie se utilizó como unidad experimental una bolsa de tela (dopiovello) de 22 x 15 cm, la cual contenía 200 g de maíz y 10 parejas (20 adultos) de 7 a 15 días de edad, provenientes de la generación F1 de cada especie criada en el laboratorio. Se evaluaron cinco dosis: 0,29 (T1); 0,57 (T2); 0,89 (T3); 1,14 (T4) y 1,43 (T5) g IA/m<sup>3</sup> del insecticida Foscan (fosforo de aluminio) el cual contiene 57 % de IA, más el control, en una cámara hermética de 6 m<sup>3</sup>. Cada tratamiento se replicó 4 veces, determinándose el porcentaje de mortalidad a las 72 h de liberación del producto. Posteriormente, todo el contenido de las bolsas (incluyendo los insectos) se trasladó a frascos limpios y se determinó el porcentaje de mortalidad a los 10 días de haber suspendido la exposición al tratamiento.

Se compararon los porcentajes de mortalidad promedio por tratamiento y entre especies a los 3 y 10 días, mediante un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis y la Prueba de Comparación de Rangos de Medias, P>0,05) (Conover 1999).

## Resultados y Discusión

### Evaluación de la eficacia del fosforo de aluminio

Mediante este ensayo se pudieron determinar las concentraciones diagnósticas (mínima concentración que a las 72 h produce el 100 % de mortalidad en la población) del fosforo de aluminio para *O. surinamensis* y *T. castaneum*, las cuales fueron 0,89 gIA/m<sup>3</sup> y 0,57 gIA/m<sup>3</sup> respectivamente (Cuadro 1). Para *C. pusillus* la mortalidad osciló entre 11,3 y 68,8 %, no pudiéndose determinar ni la concentración diagnóstica, ni las CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub>, debido a que

la mortalidad máxima fue mucho menor al 95 %. Así mismo, los porcentajes de mortalidad a los 10 días se mantuvieron similares a los observados a las 72 h. *T. castaneum* fue la especie más susceptible al fosforo de aluminio, debido a que a la concentración más baja (0,29 gIA/m<sup>3</sup>) se observó un 83,8 % de mortalidad, mientras que a esa misma concentración la mortalidad de *O. surinamensis* fue de 37,5 % y de *C. pusillus* fue de 11,3 %, siendo esta la especie que mostró la menor susceptibilidad al fosforo de aluminio.

Podemos observar en el cuadro 1 los porcentajes de mortalidad para las tres especies en estudio a los 3 días de exposición al fosforo de aluminio y luego de 10 días que fueron retirados de esta exposición. Encontramos que para *O. surinamensis* a los 3 y a los 10 días se alcanzó el 100 por ciento de mortalidad con 3 pastillas/6 m<sup>3</sup>, mientras que para *T. castaneum* se alcanzó con 2 pastillas 6/m<sup>3</sup>, presentando diferencias significativas con el testigo. Para *C. pusillus*, la mortalidad máxima a los 3 días fue igual a 68,75 % y se alcanzó con 4 pastillas/6 m<sup>3</sup>; a los 10 días aumentó la mortalidad en los tratamientos 2 (46,25 %) y 4 (77,50 %) pastillas/6 m<sup>3</sup>, presentando diferencias significativas con el testigo. Es importante resaltar, que a la dosis mayor (5 pastillas/6 m<sup>3</sup>), sobrevivió el 45,0 % de *C. pusillus*. Estos casos pudieran deberse al desarrollo de resistencia al fosforo de aluminio, lo cual ha sido mencionado para otras especies de insectos plaga en granos almacenados (Collins et al. 2005; Benhalima et al. 2004; Waterford and Winks 1994; Yan-Sheng and Wem-Zhi 1994 y Rajedran and Narasimhan 1994).

El tiempo de exposición y la dosis de insecticida utilizadas también son factores importantes a considerar en relación a los resultados obtenidos para *C. pusillus*; estos factores han sido discutidos en otros trabajos de investigación para otras especies como *R. dominica* encontrándose que a concentraciones de 1,0; 0,3 y 0,2 mg de fosforo de aluminio se logró un control total a los 5, 10 y 14 días respectivamente (Collins et

**Cuadro 1.** Porcentaje de mortalidad de *O. surinamensis*, *T. castaneum* y *C. pusillus* por efecto de cinco concentraciones de fosforo de aluminio.

T	<i>O. surinamensis</i>		<i>T. castaneum</i>		<i>C. pusillus</i>	
	3 días	10 días	3 días	10 días	3 días	10 días
	X + DS	X + DS	X + DS	X + DS	X + DS	X + DS
0	2,00 d 0,82	3,00 c 1,41	2,00 c 0,82	5,75 c 3,20	2,25 d 9,50	7,50 d 1,73
1	37,50 c 14,43	37,50 b 14,43	83,75 b 10,31	86,25 b 10,31	11,25 d 7,50	12,50 d 6,46
2	90,00 b 4,08	92,50 a 2,89	100,00 a 0,00	100,00 a 0,00	36,25 c 8,54	46,25 c 7,50
3	100,00 a 0,00	100,00 a 0,00	100,00 a 0,00	100,00 a 0,00	63,75 ab 4,79	63,75 b 4,79
4	100,00 a 0,00	100,00 a 0,00	100,00 a 0,00	100,00 a 0,00	68,75 a 11,01	77,50 a 8,66
5	96,25 ab 4,79	96,25 a 4,79	100,00 a 0,00	100,00 a 0,00	55,00 b 14,72	58,00 bc 15,64

Los datos provienen de cuatro repeticiones por tratamiento. T: Número de pastillas/6 m<sup>3</sup>. Valores dentro de una columna seguidos por igual letra no representa diferencias significativas. Prueba de Kruskal-Wallis Comparación de Rangos de Medias (P> 0,05). 0,29 (T1); 0,57 (T2); 0,89 (T3); 1,14 (T4); 1,43 (T5) g IA/m<sup>3</sup>.

al. 2005). Igualmente, en la especie *S. oryzae* se encontraron poblaciones altamente resistentes al fosforo de aluminio sometidas a tratamientos de 1,8 hasta 3 g de fosfina durante 20 horas y también desde 0,18 hasta 3 g, en un máximo de 5 días (método de la FAO (1975) para probar resistencia) (Benhalima et al. 2004).

El mayor porcentaje de insectos vivos observados al usar mayor dosis de fosforo de aluminio (8,55 g IA ó 5 pastillas/6m<sup>3</sup>) para *C. pusillus* y en menor proporción para *O. surinamensis*, (Cuadro 1), sugiere que en estas especies se produjo un cierre de los espiráculos durante un tiempo indeterminado, como un mecanismo de exclusión de la fosfina. Este comportamiento, también conocido como un efecto narcótico a la fosfina ha sido encontrado en *R. dominica* (Price 1984) y *T. castaneum* (Waterford and Winks 1994)

El uso continuo del fosforo de aluminio como único método para el control de insectos en otros países ha sido motivo de preocupación debido a los casos de resistencia ya encontrados y discutidos anteriormente, por ello es importante realizar estudios de resistencia en las especies de insectos encontrados en abundancia en nuestro país. En países como la India y China se tienen reportes del uso de fosforo de aluminio

desde el año 1960 cuando fue introducido y en 1994 se señalan problemas de resistencia a este insecticida (Rajendran and Navasimhan 1994; Yan-Sheng and Wen-Zhi 1994).

En Venezuela no hay datos de la introducción del fosforo de aluminio, pero algunas revistas en el año 1986 ya recomiendan su uso; la dosis utilizada desde entonces y el tiempo de exposición, ha dependido principalmente de las recomendaciones de las casas comerciales, producto de investigaciones en otros países, siendo también importante resaltar las experiencias propias aportadas por las empresas almacenadoras de maíz (empresas consideradas de punta), las cuales han sido puestas en práctica (Hernández 2010). En investigaciones realizadas en la planta de almacenamiento de ADAGRO en Chivacoa con sacos de maíz variedad Arichuna almacenados en dicha planta (Solórzano y Rivas 1992 citado por Hernandez 2010), aplicaron Gastoxin (fosforo de aluminio) a dosis de 4, 5, 6, y 7 gIA/TM en 2,70 metros cúbicos para evaluar eficiencia (mortalidad) y persistencia del insecticida para el control de *S. zeamais* a los 5, 20, 35, 65 y 80 días después de la aplicación. A los 65 días se mantiene la persistencia y eficacia de Gastoxin con los tratamientos 4, 5 y 6 gIA/TM, en la última evaluación (80 días) solamente se mantiene la

persistencia y eficacia del gastoxin a la dosis de 6 gIA/TM, pudiéndose considerar a esta, como la mejor dosis para el control de *S. zeamais*.

Hernandez (2010) señaló los siguientes resultados basados en encuestas realizadas en dos empresas que almacenan maíz del estado Portuguesa que tuvieron altas poblaciones de estos insectos y que usaron las dosis máxima de 5 pastillas/TM (8,55 gIA) de fosforo de aluminio para el control de *O. surinamensis*, *T. castaneum* y *C. pusillus*. El equivalente de aplicación de fosforo de aluminio en metros cúbicos para estas empresas fue de 6,8 g IA/ m<sup>3</sup>. El tiempo de exposición fue de 3 días para ambas. Esta aplicación disminuyó la abundancia de estos insectos para el momento de la aplicación cuando la población era muy alta, pero la población aumentó a los 30 días después de esta aplicación.

Es importante señalar que la mayor dosis aplicada en este ensayo fue igual a 1,43 g IA/m<sup>3</sup>, mientras que según los resultados de algunas empresas explicados anteriormente aplican el equivalente a 6,8 g IA/m<sup>3</sup>. Comparando estos valores con los resultados de mortalidad para las especies en estudio, encontramos que para *O. surinamensis* y *T. castaneum* se alcanzó un 100 % de mortalidad con dosis de 0,89 y 0,57 g IA/m<sup>3</sup>. Pero en *C. pusillus*, la mortalidad máxima no alcanzó el 70 %, la cual se produjo con la dosis mayor aplicada en este ensayo (1,43 g IA/m<sup>3</sup>). Según estos resultados sería importante continuar evaluando diferentes dosis de aplicación del fosforo de aluminio, así como el tiempo de exposición, para conocer la mortalidad de *C. pusillus* y a futuro para otras especies de insectos plagas que puedan aparecer en abundancia en los silos de las empresas almacenadoras de granos y también evaluar otros factores a nivel de las empresas que puedan estar afectando la utilización efectiva del fosforo de aluminio.

## Conclusiones

Para *O. surinamensis* a los 3 días se alcanzó el 100 por ciento de mortalidad con 3 pastillas/6 m<sup>3</sup>, mientras que para *T. castaneum* se alcanzó con 2 pastillas 6/m<sup>3</sup>. Los porcentajes de mortalidad a los 10 días se mantuvieron similares a los observados a los 3 días. Para *C. pusillus*, la mortalidad máxima a los 3 días fue igual a 68,75 % y se alcanzó con 4 pastillas/6 m<sup>3</sup>; a los 10 días aumentó la mortalidad en los tratamientos 2 (46,25 %) y 4 (77,50 %) pastillas/6 m<sup>3</sup>.

Las concentraciones diagnóstico del fosforo de aluminio a las 72 horas para *O. surinamensis* y *T. castaneum* fueron 0,89 gIA/m<sup>3</sup> y 0,57 gIA/m<sup>3</sup> respectivamente; para *C. pusillus* no se pudo determinar ni la concentración diagnóstico, ni las CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub>, debido a que la mortalidad máxima fue mucho menor al 95 %.

*T. castaneum* fue la especie más susceptible al fosforo de aluminio, debido a que a la concentración más baja (0,29 gIA/m<sup>3</sup>) se observó un 83,8% de mortalidad, mientras que a esa misma concentración la mortalidad de *O. surinamensis* fue de 37,5 % y la de *C. pusillus* fue de 11,3 %, siendo esta la especie que mostró la menor susceptibilidad al fosforo de aluminio.

## Referencias

- BENHALIMA H, CHAUDHRY MQ. 2004. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Products Research* 40(3): 241- 249.
- CHAMP BR, DYTE CE. 1976. *Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Plant production and Protection Series, No. 5, 297 p.
- COLLINGS P, DAGLISH GJ, PAVIC H, KOPITKE RA. 2005. Response of mixed-age cultures of phosphine-resistant and susceptible strains of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, to phosphine at a range of concentrations and exposure periods. *Journal of Stored Products Research* 41(4): 373- 385.

- CONOVER WJ. 1999. *Practical Nonparametric Statistics*. 3th Ed. John Wiley and Sons. 584 p.
- GUEDES RCN. 1991. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. *Revista Brasileira de Armazenamiento* 15: 3-48.
- HERNÁNDEZ D. 2010. *Bioecología de los Coleoptera asociados al maíz (Zea mays L.) almacenado en el estado Portuguesa*. [Tesis Doctoral]. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, Maracay, 194 p.
- KAY IR, COLLINS PJ. 1987. The problem of resistance to insecticides in tropical insect pests. *Insect Science and its Applications* 8: 715-721.
- LIANG Q. 1976. Resistance to phosphine in four major species of stored grain pests in Guangdong, China. *Sichuan Liangyou Keji* 4: 1-11.
- MONRO HA, UPITIS E, BOND EJ. 1972. Resistance of a laboratory strain of *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) to phosphine. *Journal of Stored Products Research* 8: 199-207.
- PIMENTELA M, GUEDESA R, SOUSA A, TOTOLAC M. 2009. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* 45 (1): 71-74.
- PRICE NR. 1984. Active exclusion of phosphine as a mechanism of resistance in *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Stored Products Research* 20: 163-168.
- RAJENDRAN S, NAVASIMHAN KS. 1994. *The current status of phosphine fumigations in India*. In: Highley, E., E.J. Wright, H.J. Banks, B.R. Champ (Eds). Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Working Conference on Stored-product Protection. Camberra, Australia. 1994, CAB International, pp. 148-152.
- SUBRAMANYAM B, HAGSTRUM D. 1996. *Resistance measurement and management*. In: Subramanyam B, Hagstrum DW (Eds.). Integrated Management of Insect in Stored Products. Marcel Dekker, New York, pp. 331-397.
- TAYLOR RD. 1989. Phosphine a major grain fumigant at risk. *International Pest Control* 31: 10-14.
- WATERFORD C, WINKS R. 1994. Correlation between phosphine resistance and narcotic response in *Tribolium castaneum* (Herbsr). *Proceedings of the International Working Conference on Stored-Product Protection* 1: 221-223.
- WINKS RG. 1984. The toxicity of phosphine to adults of *Tribolium castaneum* (Herbst): time as a dosage factor. *Journal of Stored Products Research* 20: 45-46.
- YAN-SHENG LI, WEN-ZHI LI. 1994. Inheritance of phosphine resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Proceedings of the International Working Conference on Stored-Product Protection* 1: 113-250.