

Uso de tierras de diatomeas para protección de cereales contra plagas de insectos en almacén

^bAriana Isabel Torres Bojórquez^b, Raúl Torres Zapata^a *, Ciro G. S. Valdez Lozano^b, Ma. De la Paz Tijerina Garza^a, José Elías Treviño Ramírez^b, Ma. Adriana Núñez González^a

^aUniversidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Zoología de Invertebrados. Av. Pedro de Alba s/n Ciudad Universitaria. CP 66451. San Nicolás de los Garza, N.L., México.

* raul.torres.2345@gmail.com

^bFacultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León., Campus de Ciencias Agropecuarias Francisco Villa s/n C.P. 66050, Col. Ex -Hacienda del Canadá, Escobedo, N. L., Co. (81) 1340 4399.

RESUMEN:

El método más utilizado para el control de plagas de alimentos en post-cosecha es el control químico, el cual produce efectos nocivos por sus residuos y resistencia en los insectos. Nuestro objetivo fue evaluar la eficacia de cuatro dosis (0.7g/kg, 0.5g/kg, 0.25g/kg, 0.15g/kg) de tierras de diatomeas (TD) (Diatomaceous Earth Sigma®) como un método alternativo de control contra tres plagas de alimentos predominantes en almacén, *Sitophilus zeamais*, *Rhizopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, utilizando una mezcla de semillas de trigo con las dosis de TD y trigo como control. Adicionalmente evaluamos la incidencia de TD sobre la germinación y pérdida de peso de las semillas tratadas con dicha tierra. Las tres primeras dosis fueron las más efectivas. Todos los tratamientos comparados con el testigo, mostraron diferencia estadística de mortalidad de los insectos a los 20 y 30 días, pero las más altas ocurrieron a los 30 días en la mayoría de los casos. También se verificó la pérdida de peso y germinación de las semillas impregnadas y sin impregnar con las diatomeas. En las primeras, la pérdida fluctuó entre 2 a 3% pero no difirió estadísticamente dentro de los tratamientos, pero si con las del testigo. La germinación en las semillas tratadas fue hasta del 80% y mucho menor en las del control..

Palabras clave: Protección, cereales, tierras de diatomeas, plagas, almacenado

ABSTRACT:

The method more used for to eliminate the pest insects of postharvest in foods is the chemical control, the wich to generate negative effects, as contaminante the food with its remains and cause resistance in the insects. In this study our purpose was to evaluate three grains' insect pest alternative of control, by means of Daitomaceouas Earth (ED) to control the following pest of the stored foods: *Sitophilus zeamais*, *Rhizopertha dominica* and *Tribolium castaneum*. Four (Diamatoceous Earth Sigma®) doses mixed with wheat seeds were evaluated (0.7 g/kg, 0.5g/kg, 0.25g/kg, 0.15g/kg) as well as wheat as a control. Additionally we evaluated the effect of the TD in relation to germination and weihloss of the seeds. We found that the most effective dose was between treatment (0.7g/kg) and (0.25g/kg). At 20-30 days all treatments showed significant difference between them and the control, in which no mortality was found. Since 30 days after the exposure, mortalities of insects up to 82% were found. There was no statistic difference in the weight loss percentage of the seeds among Diatomaceous Earth treatments, but there was respect to the control. The weight loss percentage fluctuates between 2% and 3% in all cases. The germinate percentage of the infested seed with Diatomaceous Earth for all treatments was up to 80%, but in the control was little..

Key words: Protection, cereals, Eath, Diatomaceous, pests, storage

Area: Cereales

INTRODUCCIÓN

Descripción del trabajo, antecedentes y estado actual del problema

El estudio consistió en determinar la eficacia de tierras de diatomeas, como método alternativo, para controlar tres especies de plagas de escarabajos frecuentes que deterioran el alimento de cereales en condiciones de post-cosecha. Asimismo, fueron evaluados efectos asociados como la pérdida de peso y germinación de la semilla en varios periodos después de la aplicación de las formulaciones de la tierra utilizadas. En los resultados y discusión se amplía esta información.

La producción, industrialización, almacenamiento y transporte de granos de cereales en México y muchos otros países en el mundo constituyen uno de los renglones más importantes de su economía y alimentación. Se estima

que hasta el 5-10% de la producción mundial de estos productos se pierde por causa de plagas de insectos (FAO, 1998) y hasta un 63% en ciertas regiones de nuestro país (Tigar *et al.*, 1994). Las mermas se deben principalmente a la pérdida de peso, calidad, valor comercial y al poder germinativo de la semilla que afectan su disponibilidad y encarecen el producto. Los insectos plaga de los granos almacenados ocasionan daños directos a los cereales por el consumo y la contaminación del alimento; e indirectos como el desarrollo de hongos, micotoxinas y calentamiento (Ramírez, 1982; Pedersen, 1992; Dal Bello *et al.*, 2006, González, 1995). Algunas de las plagas de coleópteros más destructivas que participan en el deterioro de estos alimentos son principalmente especies de *Sitophilus spp.*, *Tribolium castaneum*, *T. confusum*, *Rhyzoperta dominica*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Prostephanus truncatus*; así como las palomillas *Sitotroga cerealella*, *Plodia interpunctella* y *Ephestia kuhniella*, entre otras (Ramírez, 1982, González, 1995). Actualmente existen varios métodos convencionales para suprimir o combatir estas plagas, entre los que destacan, limpieza o sanidad, el control físico, el químico a base de insecticidas (Gonzales, 1995), pero los insecticidas para proteger cereales en almacén, tienen efectos adversos para los consumidores, el medio ambiente y los animales (Lagunes, 1985; Harein 1982). La agricultura sustentable requiere de nuevas alternativas de control que permitan reducir o eliminar el volumen de los productos químicos tradicionalmente aplicados, fumigantes e insecticidas persistentes con alto impacto ambiental. Las tendencias dentro del marco del manejo integrado de plagas (MIP) están siendo orientadas hacia la reducción de daños al medio ambiente, mediante el uso de métodos menos agresivos y pesticidas más amigables a los ecosistemas y de menor toxicidad para el hombre y animales domésticos (Dal Bello *et al.*, 2006; Korunic 1998; Lord, 2001). Entre los cuales, se destacan, el control biológico, atmósferas modificadas, uso de tierras de diatomeas y feromonas entre otros.

La tierra de diatomeas es un mineral de origen orgánico que está constituida principalmente por dióxido de silicio (SiO_2) de restos fosilizados de diatomeas de agua dulce y salada (Cook y Armitage, 2000). Su estructura filamentosa produce heridas en todo tipo de insectos y su característica deshidratante absorbe sus líquidos interiores, eliminándolos por deshidratación. Actúan como un eficiente insecticida y no daña al medio ambiente (Korunic, 1998). Según la clasificación de toxicidad de las tierras de diatomeas por la Organización Mundial de la Salud, éstas pertenecen a la Clase III (WHO, 2009), considerada no tóxica para mamíferos (Quarles, 1992). Los polvos inertes se han empleado para el control de un gran número de insectos de granos almacenados, entre los que se destacan, *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhyzoperta dominica*, *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum*, *Cryptolestes ferrugineus*, *S. zeamais*, *Sitophilus granarium*, *Acarus siró*, *S. oryzae*, *Tenebrio molitor*, *Prostephanus truncatus* y *Acanthoscelides obtectus* (Korunic, 1997; Korunic, 1998). Algunas de las investigaciones que se han reportado sobre este tema corresponde a los siguientes investigadores (Cook y Armitage, 2000; Fields y Korunic, 2000) entre muchos otros. Por ejemplo, Arthur (2000a) publicó que al aplicar TD como un protector de superficie en granos alimenticios a dosis de 0.5 mg/cm^2 , en ensayos de laboratorio se obtiene el 100 % de mortalidad en *Tribolium confusum*. Mewis y Uirichs (2001), demostraron que *T. confusum* y *T. molitor* en presencia de alimento mueren más lentamente que sin alimento. Fields y Korunic (2000) también comentan que a dosis de 400 ppm con TD producen el 92 % de mortalidad de *Tribolium castaneum* en condiciones de laboratorio. Adicionalmente, otros reportes han publicado que la susceptibilidad de insectos a la tierra de diatomeas de insectos coleópteros es variable, dependiendo de la especie y estadio de desarrollo (Korunic y Fields, 2006; Athanassiou y Korunic, 2007) y Akbar *et al.*, 2004). Dado que las formulaciones de las TD difieren en el control de las plagas de alimentos de granos almacenados (Korunic, 1998) debido a que interfieren con su efectividad algunos factores tales como el origen donde se obtuvieron, el tamaño y uniformidad de la partícula, la especie de insectos (Arthur, 2000; Koronic, 1998), el tipo de semilla y de tierra (Buteler *et al.*, 2011; Yandi *et al.*, 2015; Fuse *et al.*, 2012) y el tiempo de protección, entre otros. Situación que genera una gran disparidad en las respuestas de las plagas, por lo cual surge la necesidad de realizar pruebas específicas en relación a uno o varios de dichos factores.

Objetivos. Para verificar la hipótesis se plantearon los siguientes objetivos: a) Valorar la eficacia como insecticida del formulado TD (Diatomaceou Earth Zigma®, mediante la mortalidad del insecto en relación a tres factores: especies de plagas (*Rhyzoperta dominica*, *Sitophilus zeamais* y *Tribolium confusum*); periodo de exposición (10, 20 y 30) para probar el periodo de protección y dosis del producto. Este formulado es generalmente recomendado para filtros purificadores. b) Evaluar la incidencia de la TD sobre la calidad de la semilla considerando su efecto en la pérdida de peso y la germinación de la semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Entomología y Artrópodos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL, ubicado en el Municipio de San Nicolás de los Garza, así como en la Facultad de Agronomía UANL campus Marín, localizado en carretera Zuazua Marín Km 17.5, Marín, N.L., México.

Material biológico e inerte

Las especies de insectos evaluadas fueron *Rhyzopertha dominca* (Fabricius), *Tribolium castaneum* (Herbst) y *Sitophilus zeamais* (Mostchulsky) las cuales se obtuvieron de crías obtenidas del laboratorio, FCB/UANL, de la segunda generación establecidos dentro de frascos de vidrio de un galón de capacidad provistos con tapas de malla metálica fina. Ellos fueron alimentados con semillas de trigo *Triticum aestivum* variedad Pelona y de maíz *Cachuaizintle*, obtenidas de cosechas de la Facultad de Agronomía, UANL. Los frascos con las crías de los insectos estuvieron confinados dentro de una cámara (Biotronette Mak III) a temperatura de 27°C, humedad de 60-70% e iluminación de 12 hs /12 hs luz:oscuridad, durante su desarrollo. De dichas crías fueron seleccionados los insectos adultos de una a dos semanas de edad, sin sexar. Para los bioensayos fueron utilizadas las mismas especies de semillas que se usaron para alimentar la cría de los insectos. Antes de los experimentos estas semillas se confinaron en un congelador a -20°C durante cinco días para eliminar la posible contaminación externa por insectos que pudieran infestar la semilla y alterar el experimento. El material inerte consistió en polvos finamente preparados de Tierra de Diatomeas (Diatomaceous Earth Sigma®) comerciales, recomendadas para usarlas en filtros, con un tamaño promedio de partícula de 45-60 micras y alrededor de 90% de SiO₂.

Variables y diseño experimental

Las variables evaluadas en este estudio fueron, **1.** El porcentaje de mortalidad de los insectos en relación a: **i)** dosis, **ii)** tipo de plaga y **iii)** periodo de protección del grano; así como **2.** La pérdida de peso del grano y **3.** El porcentaje de germinación de la semilla. El análisis las evaluaciones fue con un diseño experimental completamente al azar con un arreglo de 5 tratamientos y 4 dosis, mediante un análisis de varianza y una comparación de medias con el método de DMS. Para esto se utilizó el programa de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León versión 2.5 FAUANL (Olivares, 1994). Todos los datos, incluyendo los de porcentaje de mortalidad de los insectos, porcentaje de pérdida de peso del grano y porcentaje de germinación de la semilla se transformaron a arco seno $\sqrt{x\%/100}$ (Olivares, 1994; Herrera y Barreras, 2005). El modelo estadístico es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad \text{Ec (1)}$$

Donde:

μ = media general,

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = error experimental del tratamiento ij

$\epsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

Dónde la hipótesis estadística es:

H₀: $t_1 = t_2$

H_a: al menos un efecto de un tratamiento es diferente de los demás

Procedimientos de evaluación

Evaluación de la eficacia

Para evaluar la eficacia de la TD, se utilizaron frascos de hielo seco con capacidad de un litro que fueron cubiertos con red de tela, los cuales se llenaron con 500g de semilla de trigo entero (unidades experimentales) como sustrato y semilla quebrada en el caso de *T. castaneum*. En dichos frascos fueron adicionados con cuatro dosis diferentes de tierra de diatomeas (5 réplicas) con las siguientes dosis (0.7, 0.5, 0.25 y 0.15g/Kg) y solo 500g de semillas usado como testigo. Las mezclas así obtenidas fueron agitadas para asegurar un correcto cubrimiento de las semillas. Al término de la preparación de los tratamientos, a cada frasco se añadieron 20 insectos adultos de cada especie. A los 10, 20 y 30 días después de la aplicación con la tierra de diatomeas fue evaluada la mortalidad de los insectos. Los tratamientos permanecieron dentro de una cámara bioclimática con condiciones ambientales controladas. Se utilizaron cinco tratamientos con cinco repeticiones, obteniendo un total de 75 unidades experimentales. Cada dosis del producto fue considerada como un tratamiento y las semillas sin tierra de diatomeas fueron los controles. Para evaluar la mortalidad, después de los periodos señalados se removió el contenido de los frascos vaciando los granos de cada uno de ellos. En los periodos de 10 y 20 se contaron todos los insectos, se eliminaron los muertos y se dejaron en los frascos los que estaban aún vivos. Al final del experimento a los 30 días se verificó el total para establecer la mortalidad. En este experimento además de considerar los periodos de tiempo, las diferentes dosis de la TD, también se consideraron las especies de los insectos, señaladas en el objetivo.

Evaluación de germinación

Para evaluar el porcentaje de germinación, después de 30 días del inicio del experimento, se colocó algodón húmedo en cajas de Petri con 20 semillas en cada una de ellas de todos los tratamientos con TD, en seguida se cubrieron con papel plástico para mantener un ambiente favorable a la germinación. Esto con la finalidad de establecer si la TD tiene algún efecto sobre la germinación de la semilla. Para la estandarización del porcentaje de germinación de la semilla, se realizó una prueba con trigo sano y sin infestación de ningún tipo, con cinco repeticiones, cuyo resultado fue considerado como el 100% de germinación.

Evaluación de pérdida de peso

Con la finalidad de determinar el porcentaje de pérdidas de peso en el grano originadas por los insectos debido a su alimentación, se realizaron pesajes antes del inicio del experimento y a los 30 días después de la infestación. Esto se hizo en todos los tratamientos, incluyendo a los testigos. La fórmula utilizada para tal efecto fue la propuesta por Adams y Schulten (1976).

$$\% PP = \left(\frac{\text{numero de granos danados}}{\text{numero total de granos}} \times 100 \right) C \quad \text{Ec (2).}$$

Donde %PP = Porcentaje de pérdida de peso; C = 0.125 si la semilla es almacenada como grano y C=0.222 si el trigo es almacenado en espiga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficacia

El análisis de varianza con las 4 dosis probadas, realizado por separado para cada especie de insecto y para cada uno de los periodos de tiempo de la exposición al formulado de TD, para medir la eficacia como insecticida con la variable mortalidad, indicó diferencia estadística ($p \leq 0.05$) lo cual sugiere que las respuestas para esta variable en los insectos probados fueron afectadas por el efecto del formulado con los diferentes tratamientos incluyendo el testigo. Comparaciones de los promedios de mortalidad mostraron que si bien hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, en una fecha determinado, éstas fueron escasas, ya que en cada periodo de tiempo el promedio de mortalidades fue muy similar en varias dosis (Tabla I) pero a mayor tiempo mayor eficacia.

Sin embargo, en la Tabla I, se puede apreciar que los mayores promedios de porcentajes de mortalidad de las tres especies de insectos corresponden a los tratamientos 0.7 y 0.5 g/kg, respectivamente, esto concuerda con los

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

resultados de algunos investigadores, entre ellos Cook y Armitage (2000), quienes han afirmado que las tierras de diatomeas funcionan mejor a dosis relativamente bajas, de 5g/kg en trigo y en corto tiempo, pero el factor periodo no coincidió con nuestro estudio debido a que nosotros encontramos que a mayor tiempo de exposición, mayor mortalidad (Tabla II).

Tabla I. Promedios de mortalidad de las plagas que se indican por efecto de tierras de diatomeas con dosis (0.7, 0.5, 0.25, 0.15 g/kg), y un control en blanco durante tres periodos de exposición después de la aplicación (dda) a/.

<i>Rhizopertha dominica</i>			<i>Tribolium castaneum</i> los:			<i>Sithophilus zeamais</i> los:		
10	20	30 días	10	20	30 días	10	20	30 días
(2)33 a	(1)59 a	(1)82 a	(3) 36 a	(1)82 a	(2) 94 a	(1) 91 a	(1)96a	(1)100a
(1)28 a	(2)50 ab	(2)70 a	(4) 36 a	(2)75 ab	(1) 93 a	(3) 86 a	(3)92ab	(2) 99 a
(3)28 a	(2)49 ab	(3)68 a	(1) 28 b	(3)59 bc	(3) 91 a	(2) 81 a	(2)88ab	(3) 96 a
(4)24 a	(4)37 b	(4)46 b	(2)17 bc	(4) 43 c	(4) 89 a	(4)57 b	(4)82 b	(4) 93 a
(5) 0 b	(5) 0 c	(5)13 c	(5)2 c	(5)3 d	(5) 7 b	(5) 0 c	(5) 8 c	(5) 29 b

a/: Dentro de las columnas las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente según DMS al 0.05 dda: días después de la aplicación y periodos de exposición de los insectos. Los números dentro de los paréntesis corresponden a las dosis de TD en el siguiente orden: 1=0.7g/kg, 2=0.5 g/kg, 3=0.25g/kg, 4=0.15g/kg y 5= control sin TD, respectivamente.

Eficacia en tipos de especies y periodo de tiempo

En cuanto a la eficacia de la TD con respecto al tipo de especies de insectos y tiempo de exposición, en nuestro estudio se obtuvieron mortalidades claramente mayores de hasta de 100% a los 30 días con la dosis (0.7 g/kg), en el picudo del maíz *Sitophilus zeamais*, lo cual es alentador considerando la importancia de la plaga. Siendo *R. dominica* la menos susceptible (Tabla I y II).

Tabla II. Medias de mortalidad de las plagas de insectos a los 10, 20 y 30 días, cuyos valores se obtuvieron de los promedios de la tabla I, como resultado del efecto de la TD sobre las plagas estudiadas. a/.

Tratamiento	Tiempo					
	Media a 10 dda		Media a 20 dda		Media a 30 dda	
<i>S. zeamais</i>	78.7	a BC	89.5	a AB	97.0	a A
<i>T. castaneum</i>	29.3	b E	64.7	b C	91.7	ab AB
<i>R. dominica</i>	28.3	b E	48.7	b D	66.5	c C

a/: Dentro de las columnas las medias seguidas de igual letra no difieren estadísticamente según DMS al 0.05. Dentro de las filas (orientación horizontal) las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente según DMS al 0.05.

En cuanto a las especies de *Tribolium confusum* y *Rhizopertha dominica*, mortalidades de 82 a 94% a los 30 dda, comparadas a la del picudo, también es aceptable (Tabla I) y es similar al reporte de Villaverde (2008). Pero la eficacia del formulado fue estadísticamente menor a los 20 y 10 días en las especies de *R. dominica* y *T. castaneum* (Tabla II y Fig. 1). En referencia a esto, nuestro formulado coincide en parte con lo publicado por (Korunic y Fields, 2006; Athanassiou y Korunic, 2007) y Akbar *et al.* (2004), quienes demostraron que la susceptibilidad de los

insectos plaga de granos almacenados a la tierras de diatomeas es variable, dependiendo de la especie y estadio de desarrollo.

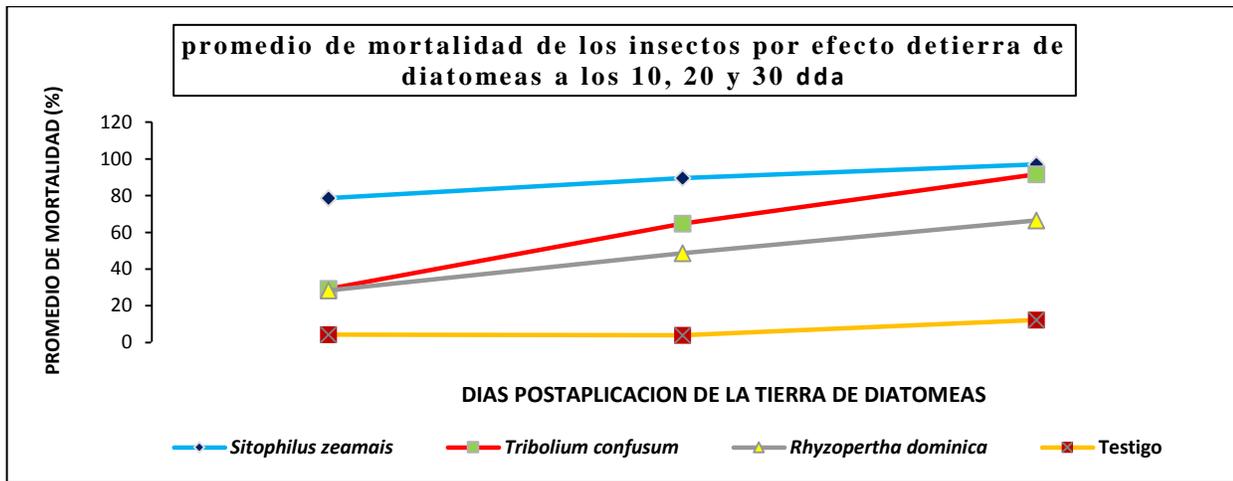


Fig. 1. Medias de los valores promedios de mortalidad (%) registrados a los 10, 20 y 30 días post tratamiento con TD en las especies de insectos *S. zeamais*, *T. confusum* y *R. dominica*.

Pérdida de peso

Para verificar el efecto del formulado en la pérdida de peso sobre la variable, los datos de las diferencias de pesadas antes y después de la aplicación de insectos y TD sobre las semillas, se realizaron estimaciones con análisis de varianza en todos los tratamientos, incluyendo testigos y en cada plaga. En todos los casos no se registró diferencia estadística entre los tratamientos con el formulado, cuyas pérdidas fluctuaron entre 0.1 y 2%, pero en todos los testigos la pérdida fue estadísticamente más alta ($p \leq 0.05$), excepto en el tratamiento para *R. dominica* donde estadísticamente los tratamientos con TD y testigo no difirieron. Nuestro resultado lo podemos interpretar como aceptable, considerando que el formulado cumple con lo esperado al proteger las semillas del daño por los insectos, puesto que en los controles, en general, la pérdida de peso fue mayor. Esta tendencia coincide con Silva-Aguayo (2004) quien publicó que las semillas tratadas dentro de un rango de 1-2%, no rebasaron el 2% pérdidas de peso.

Germinación

Para valorar el efecto de la TD sobre la variable germinación, en las semillas infestadas con las tres especies de insectos estudiados, el análisis de varianza arrojó diferencia significativa entre los tratamientos. Al comparar los promedios con el método estadístico de DMS a nivel de significancia de (0.05) encontramos que todos los tratamientos con TD en los tres insectos valorados no mostraron diferencia estadística, solamente los testigos fueron diferentes a los tratamientos, en todos los casos (Tabla II). Lo cual indica que el formulado de TD al bajar la densidad de las poblaciones de insectos desde 46 hasta 100% en algunos tratamientos (Tabla I), evitó el daño al embrión de las semillas y en consecuencia un alto porcentaje germino (90.9 en el tratamiento tres con *T. castaneum* a 100% del tratamiento tres con *S. zeamais*) (Tabla III). Reportes similares publicados por Momazzaferi *et al.* (2006) quienes comentan que la germinación no ve afectada cuando es tratada con polvos inertes.

Tabla III. Promedios de germinación de semillas en los tratamientos con TD infestados con *Sitophilus zeamais*, *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium confusum* con las dosis indicadas y un control en blanco después de 30 días de exposición a/.

Promedio de germinación de semillas con <i>Rhyzopertha dominica</i>	Promedios de germinación de semillas con <i>Tribolium castaneum</i>	Promedios de germinación de semillas con <i>Sitophilus zeamais</i>
---	---	--

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

3 (0.25g/k)	96.6	a	4 (0.15g/k)	96.6	a	3 (0.25g/kg)	100	a
1 (0.7g/kg)	94.3	a	1 (0.7g/kg)	95.4	a	2 (0.5g/kg)	97.7	a
4 (0.15g/kg)	94.3	a	2 (0.5g/kg)	94.3	a	4 (0.15g/kg)	94.3	a
2 (0.5g/kg)	94.3	a	3 (0.25g/kg)	90.9	a	1 (0.7g/kg)	94.3	a
5 (0.0g/kg)	67.0	b	6 (0.0g/kg)	65.9	b	5 (0.0g/kg)	65.6	b

a/: Dentro de las columnas las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente según DMS al 0.05

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos, todas las dosis de la formulación de TD controlaron efectivamente a los insectos probados en el grano de trigo; obteniendo porcentajes de mortalidad diferenciales de acuerdo a la especie del insecto, dosis y periodo de exposición, arriba del 50% en el último conteo a los 30dda, lo cual cumple con el objetivo de valorar la eficacia como insecticida del formulado de TD en alimentos de post-cosecha.

La eficacia del control en relación a las especies, se comprobó al registrarse mayores mortalidades del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* respecto a al barrenillo menor de los granos, *Rhyzopertha dominica* y el gorgojo de las harinas, *T. castaneum*, cuyos porcentajes de mortalidad fueron menores que en el picudo.

En casi todos los tratamientos de TD estudiados en las tres especies de insectos, la pérdida de peso y germinación de la semilla evaluada, fueron escasamente afectados comparados con los del testigo (Tabla III).

En el caso de las pérdidas de peso, aunque no hubo diferencia estadística ($p \leq 0.05$), las mayores pérdidas se registraron en el testigo sin aplicación, lo cual podría indicar menor protección del formulado contra la plaga.

En cuanto a la germinación de la semilla, con porcentajes arriba del 90% (Tabla III) y menores de 68% en el testigo se puede concluir que la mayor infestación en el tratamiento usado como testigo se debió a la ausencia de un insecticida protector. Con lo cual se cumple el objetivo sobre la incidencia del formulado de TD sobre la pérdida de peso y germinación de la semilla.

Al producir mayores porcentajes de mortalidad a los 30 días de exposición de las plagas al formulado, con porcentajes de mortalidad de hasta 100% en *S. zeamais* y hasta de 82 a 94% en *R. dominica* y *T. castaneum*, se cumplió también el objetivo de valorar la residualidad del formulado en las semillas en función del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, J. M.; G.G.M. Schulten. (1976). Losses caused by insects, mites and microorganisms. In: Harris, K. L.; Lindblad, C. J. (Compiladores). Postharvest grain loss assessment methods. AACC. p. 83-93.
- Akbar, W.; J.C. Lord; J. R. Nechols; J. R. Howard. (2004). Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology*, 97: 273-280.
- Arthur, F. H. (2000). Toxicity of diatomaceous earth to red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae): Effects of temperature and relative humidity. *J. of Econ. Entomol.* 93 (2), 526-532.
- Athanassiou, C.G., Z. Korunić. (2007): Evaluation of two new diatomaceous earth formulations enhanced with abamectin and bitterbarkomycin, against four stored-grain beetle species. *Journal of Stored Products Research*, 43(4): 468-473. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2006.12.008>
- Buteler, M; T Stadler; G. P. López García; M.S. Lass & D. Trombotto-Liaudat. (2011). Propiedades insecticidas de la ceniza del complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle y su posible impacto ambiental. *Rev. Soc. Entomol. Argent.*, 70:149-156.
- Cook, D. A y D. M. Armitagand. (2000). Efficacy of a deatomaceous earth against mite and insects populations in small birds of wheat under conditions of low temperature and high humidity. *Pest Management Science*.56:591-596.

- Dal Bello, G.; C. Fusé; P. Juárez; N. Pedrini; A. Imaz; S. Padín, (2011). Insecticidal effect of fenitrothion, diatomaceous earth and *Beauveria bassiana* against Coleopteran pests on stored grain. *Integrated Protection of Stored Products IOBC/ wprs Bulletin* Vol. 69, 175-180
- Dal Bello, G.; S. Padín; P. Juárez; N. Pedrini; M. De Giusto. (2006). Biocontrol of *Acanthoscelides obtectus* and *Sitophilus oryzae* with diatomaceous earth and *Beauveria bassiana* on stored grains. *Biocontrol Science and Technology*. 16 (1), 215-220.
- Fields, P. G., Z. Korunić. (2002): Post-harvest insect control with inert dusts. in Dekker Encyclopedia of Pest Management (ed. D. Pimentel) Marcel Dekker, New York, pp. 650-653.
- Fields, P. G.; Z. Korunic. (2000). The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. *Journal of Stored Products Research* 36, 1-13.
- Fusé, C. B.; M. L. Villaverde; S. B. Padín; M. De Giusto & M.P. Juárez. (2013). Evaluación de la actividad insecticida de tierras de diatomeas de yacimientos argentinos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 39 (2), 207-213. Recuperado en 28 de abril de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142013000200015&lng=es&tlng=es.
- González-Alquizon, U. (1995). Plagas de maíz. En *El maíz y su conservación*. reimpr. 2009. México: Ed. Trillas. pp 177-278.
- González-Alquizon, U. (1995). Combate de los insectos. En *El maíz y su conservación*. reimpr. 2009. México: Ed. Trillas. pp 279-336.
- Herrera H. J. G. y A. B. Barreras. (2005). Análisis estadístico de experimentos pecuarios. Colegio de Posgraduados. México.
- Harein, P. K & Davis R. (1992). Control of stored-grain insects. In *Storage of cereal grains and their products*. D.B. Sauer. ST. Paul, Minesota, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc. pp 434-488.
- Korunić, Z. (1998). Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research*. 34(2/3): 87-97.
- Korunić, Z. (1997): Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research*, 33(3):219-229.
- Korunic, Z.; P. Fields. 2006. Susceptibility of three species of *Sitophilus* to diatomaceous earth. 9th International Working Conference on Stored Product Protection. pp 681-685.
- Lagunes, T. A.; J. C. Rodríguez. (1989). Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas. In: *Temas selectos de manejo de insecticidas agrícolas*. (Tomo 1), CONACYT/Montecillo, Edo. México. p. 24-106.
- Lagunes, T. A.; N. M. Vázquez. 1994. *El Bioensayo en el Manejo de Insecticidas y Acaricidas*. CONACYT /Montecillo, Edo. de México. 159p.
- Lord, J.C. (2001). Desiccant dusts synergize the effect of *Beauveria bassiana* (Hypomycetes: Moniliales) on stored grain beetles. *Journal of Economic Entomology*, 94(2): 367-372.
- Mazzuferi, V. E.; R. H. Goncalves; M. Tablada y D. Garcia. (2006). Efectividad y persistencia de la tierra de diatomeas en el control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera:Curculionidae) en semillas de maíz y su incidencia en la calidad, *Bol. San. Veg. Plagas*. 32:363-371.
- Newis I. and Chi. Ulrichs. (2002). Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pest *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *Journal of Stored Products Research*.37:153-154.
- Olivares Sáenz, E. (1994). Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. Versión 2.5., Facultad de Agronomía UANL., Marín N. L. México.
- Quarles, W. (1992). Diatomaceous earth for pest control. *IPM Practitiones* 14 (5/6), 1-11.
- Pedersen, J. R. (1992). Insects: Identification, management, and detection. In *Storage of cereal grains and their products*. D.B. Sauer. ST. Paul, Minesota, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc. pp 434-488.

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

- Ramírez-Genel, M. (1982). Almacenes y almacenamiento. En Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Pp 71-108. México, D.F.: C.E.C.S.A.
- Ramírez-Genel, M. (1982). Plagas de insectos de mayor importancia económica que causan daño a los granos y semillas almacenados. En Almacenamiento y conservación de granos y semillas. pp 71-108. México, D.F.: C.E.C.S.A.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1998). Les mycotoxines dans les grains. Roma: FAO Edition.
- Rodríguez-Ledesma Y.; C. S. Pérez; J. A. Rojas-Rojas; R. M. García; Y. L. López; E. M. Moreno. (2015). Efectividad de la marmolina como mineral inerte en el control de *Hypothenemus hampei* (ferrari) (Coleoptera:Curculionidae) durante la conservación de semillas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 18 (2): 351-358.
- Tigar, B.J.; E. P. Osborn; G. E. Key; M. E. Flores; M. Vazquez A. (1994). Insects pest associated with rural maize stored in Mexico with particular reference to *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). *J. Stored Prod. Res.* 30:267-281.
- WHO. (2009). The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification; IPCS-IOMC: 81pp