



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



TRABAJO DE DIPLOMA

Título:

**Polvo de mármol blanco en la
protección maíz almacenado contra
Sitophilus zeamais Motschulsky.**

Autor: Donielvis Zedeño Sánchez.

Tutores: M.Sc. Ing. Yandy Rodríguez Ledesma

Dra. Ing. Claribel Suárez Pérez

Sancti Spíritus, 2016.



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS

“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



TRABAJO DE DIPLOMA

Título:

**Polvo de mármol blanco en la protección maíz
almacenado contra *Sitophilus zeamais*
Motschulsky.**

Autor: Donielvis Zedeño Sánchez.

Tutores: M.Sc. Ing. Yandy Rodríguez Ledesma

Dra. Ing. Claribel Suárez Pérez

Sancti Spiritus, 2016.

AGRADECIMIENTOS

At la Revolución cubana y a nuestro incansable Fidel Castro Ruz por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

At mis compañeros, profesores y amistades que tanto me ayudaron

At todas aquellas personas que de una forma u otra hicieron posible la realización de este trabajo y en especial a mi tutor por su paciencia y apoyo incondicional.

At todos muchas gracias

Dedicatoria

A la memoria de mi querida abuela que estoy seguro que se sentiria muy orgullosa, si estuviera entre nosotros, de que uno de sus nietos hubiese logrado convertirse en un profesional.

Le dedico todo mi esfuerzo:

En especial a mi familia.

SINTESIS

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” en colaboración con el Instituto Provincial de Sanidad Vegetal, con el objetivo de determinar la efectividad del polvo de piedra mármol como plaguicida mineral aplicado sobre semillas de maíz, para la protección contra *Sitophilus zeamais* durante el período de almacenamiento. Para dar cumplimiento al objetivo se determinó el efecto antiinsecto, se determinó el índice de repelencia (IR) del polvo de piedra mármol y se realizó una prueba de germinación de las semillas tratadas. Durante el experimento se utilizó un diseño experimental bloque completamente al azar. Los tratamientos se evaluaron en dosis de 0,46 g; 0,81 g; 1,74 g y un testigo (sin polvo) con dos réplicas cada uno. Según los resultados del efecto antiinsecto los mejores resultados se obtuvieron con una dosis 1,74 g produciéndose a los 6 días un 100% de mortalidad de *S. zeamais*. La prueba de repelencia arrojó que el polvo posee propiedades repelentes. La prueba de germinación arrojó valores de germinación los cuales pueden ser considerados para la exportación de semillas.

Synthesis

The investigation was performed in the Agronomy Faculty of the "José Martí Pérez" Sancti Spiritus University in collaboration with the Province's Institute of Vegetal Health. With the following goal: to value the marble powder effectiveness as a mineral control against *Sitophilus Zeamais* on corn seeds during their storage period. In order to fulfill this goal, the insecticide effect was valued, the levels as a repellent were measured and a germination test, to the treated seeds, was made as well. During the experiment, an experimental design was used at random. The treatments were valued using 0.46g; 0.81g and 1.74g quantities and witness (without powder) with two replicas each. According to the results of the insecticide effect, the best ones were obtained with a 1,74 dose, delivering a 100% death rate on *Sitophilus Zeamais* after six days. The test as a repellent, showed that the marble powder has good properties and the germination test came up with good results which can be considered for this seeds exportation.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema científico	2
Hipótesis	2
Objetivo General	3
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. Almacenamiento de la semilla	4
1.2. Reseña sobre el uso de productos naturales en el control de plagas de almacenes	5
1.3. Revisión sobre polvos minerales	9
1.4. Prácticas en la conservación de granos y semillas en Cuba	11
1.5. Características generales. Insectos que afectan los granos almacenados	12
1.6. Gorgojo del maíz: <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky. Coleóptera: <i>Curculionidae</i> .	13
2. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1. Lugar del experimento	14
2.2. Procedimiento experimental	14
2.3. Obtención del polvo	15
2.4. Evaluación del efecto antiinsecto del polvo inerte de piedra mármol blanco	15
2.5. Efecto repelente del polvo inerte de mármol sobre el comportamiento de los insectos	16
2.6. Prueba de germinación de las semillas tratadas con marmolina	17
2.7. Análisis matemático-estadístico.	17
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1. Efecto antiinsecto	18
3.2. Efecto repelente del polvo inerte de mármol sobre el comportamiento del insecto	21
3.3. Prueba de Germinación	22
4. CONCLUSIONES	25
5. RECOMENDACIONES	26
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales cereales cultivados en Latinoamérica, estando presente en casi cualquier zona agrícola en cuanto a producción se refiere. Es un alimento alternativo y hasta de obligado consumo en algunas culturas y requiere de su almacenamiento por tiempo prolongado. En este sentido, las pérdidas de granos de maíz durante el período de almacenaje es uno de los problemas que enfrenta el agricultor en pos cosecha. Esto es, especialmente importante en los países en desarrollo, donde los productores a pequeña escala ven mermadas sus cosechas a causa de la destrucción de los granos por el ataque de insectos.

Se ha observado que *Sithophilus zeamais* Motschulsky (1855) (*Coleoptera: Curculionidae*) es el principal responsable de las infestaciones que preceden a la cosecha de maíz, debido a que la tendencia a volar es mayor en esta especie (Fleitas, 2007) citado por González *et al.* (2010).

Hoy en día existen muchos métodos para poder conservar las semillas de daños por insectos. Según la literatura consultada en los últimos años existe una tendencia de carácter mundial hacia la búsqueda de métodos alternativos que proporcionen resultados en el control de insectos en almacenes y que disminuyan las pérdidas económicas pero sin los riesgos que implica el uso de plaguicidas de alta toxicidad para el hombre y el medio ambiente (Silva, 2005) como la aplicación de diferentes polvos inertes como la zeolita (Pérez *et al.*, 2012), tierra diatomeas (González y Gómez, 2006) (Fusé *et al.*, 2013), óxido de aluminio (Stadler, Buteler y Weaver, 2010), ceniza de volcán (Buteler *et al.*, 2011), carbonato de calcio y extractos de plantas con propiedades insecticidas (Silva *et al.*, 2004; González *et al.*, 2011).

Según Casini y Santajuliana (2008), del 2 a 10 % de la producción mundial de granos se pierde por causa de los insectos plaga, lo que equivale a la cantidad de granos necesaria para alimentar 130 millones de personas anualmente. Solo en América Latina, entre 30 y 40% de la producción de maíz se pierde durante el almacenamiento (Lagunes y Vázquez, 1994) citado por (Morales, 2015). De las plagas asociadas a los granos almacenados *S. zeamais* se considera la que más daño puede provocar (Haro, 2004).

Hay diferentes métodos de control de las plagas de los granos almacenados, pero la mayoría resultan poco accesibles para ser usados por los medianos y pequeños productores (Pérez, Silva y Tapia, 2007).

En Cuba, la conservación y protección de los granos almacenados constituye una necesidad alimenticia, social, económica y en los últimos años se ha potenciado la producción de granos con la intervención de varios proyectos de desarrollo. El municipio trinidad aunque no es productor de maíz a gran escala el consumo anual del grano importado requiere de su almacenamiento un periodo en el cual la principal plaga que compromete su consumo y aprovechamiento es el gorgojo del maíz. De ahí la importancia de desarrollar investigaciones relacionadas con el uso de productos en el control de insectos durante el período de almacenamiento sobre todo en la búsquedas de soluciones con productos naturales que reporten una importancia económica considerable. La alta incidencia de *Sitophilus zeamais* Mots. durante el período de conservación de semillas de maíz trae como consecuencia la pérdida de la calidad de estas para la siembra.

La marmolina es un polvo mineral inerte (conjuntamente con la cal, zeolitas, sílice, cenizas, arenas finas, entre otros). Durante la revisión de la literatura no se encontraron en Cuba ni en otros países reportes del uso de este polvo en la protección de semillas por lo que constituye este trabajo el primer estudio sobre el tema. Este trabajo se basó en las experiencias existentes tanto a nivel mundial como en Cuba con otros polvos inertes con características y componentes similares. Teniendo en cuenta la problemática anteriormente descrita la investigación plantea como:

Problema científico

¿Qué efecto pudiera tener el polvo de mármol blanco en la protección de semillas de maíz almacenadas?

Hipótesis

A partir del uso del polvo de mármol blanco aplicado sobre semillas de maíz se podrían proteger contra la incidencia de *Sitophilus zeamais* (Mots.) durante el período de almacenamiento.

Objetivo General

Determinar la efectividad del polvo de mármol blanco aplicado para el control de *Sitophilus zeamais* (Mots) cuando se almacenan semillas de maíz.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El maíz a nivel internacional constituye según MAC (2014), un alimento muy completo, que aporta numerosos elementos nutritivos y materiales energéticos.

En el caso de Cuba, el maíz reviste una gran importancia, y en la actualidad las necesidades internas de dicho grano no se satisfacen, con las producciones nacionales por lo que es imprescindible importar grandes volúmenes y satisfacer en algo la demanda. Una de las razones por la que se obtienen rendimientos bajos y altos costos de producción en este cultivo, en Cuba, es la elevada incidencia de organismos nocivos que se convierten en plagas con frecuencia y causan severos daños, además para controlarlas se incurren en gastos elevados, partiendo fundamentalmente, de que este se ha basado en el uso de productos químicos sintéticos.

1. Almacenamiento de la semilla

La preparación para un almacenamiento exitoso de semillas debería comenzar con la manipulación de las semillas durante la cosecha y la manipulación post-cosecha antes del almacenamiento. Según Jessica (2010), los pasos claves para una correcta manipulación de las semillas antes del almacenamiento son los siguientes:

1. Minimizar la infestación con insectos en el campo mediante la cosecha y la remoción de la semilla en el campo en forma oportuna. Esto es particularmente cierto con las leguminosas que son propensas al ataque de gorgojos en el campo.
2. Eliminar la semilla infectada con insectos antes del almacenamiento; esto removerá efectivamente fuentes futuras de infestación o contaminación.
3. Secar la semilla suficientemente para prevenir el crecimiento de microorganismos e insectos, y reducir la tasa de respiración de la semilla.
4. Seleccionar un método de almacenamiento y un ambiente apropiados para el tipo y tamaño de semillas así como para la duración del almacenamiento de semillas.

Los insectos del almacenamiento son la principal amenaza para la semilla almacenada en la mayoría de los países. Según Mondragón y Peña (2015), hay dos clases de insectos: fitófagos primarios que pueden atacar la semilla entera, y fitófagos secundarios que solo pueden atacar la semilla dañada. La mayoría de los insectos del almacenamiento son pequeños y requieren una rigurosa observación para su detección. Los factores esenciales para el control de los insectos del almacenamiento son:

Varios insectos atacan la semilla mientras se está secando en el campo y luego los insectos o las larvas de los insectos permanecen sobre o dentro de la semilla cuando es almacenada y continúan alimentándose y multiplicándose; la rápida remoción de la semilla desde el campo es crucial para minimizar la infestación inicial.

El secado adecuado de las semillas a bajo contenido humedad tiene un efecto negativo sobre las actividades biológicas de muchos insectos.

1. Reseña sobre el uso de productos naturales en el control de plagas de almacenes

Chapman (1969) y Rudall (1963) plantearon que la epicutícula del tegumento de los insectos, que es una capa sumamente delgada (de 0.1 a 0.5 μ t), está compuesta por cadenas largas de hidrocarburos, ésteres de ácidos grasos y alcoholes, y es la que los protege contra la deshidratación. Esta capa se encuentra sobre la exocutícula, la cual es mucho más gruesa y químicamente compleja, pues está formada por varios tipos de quitinas, proteínas y polifenoles.

Al respecto, estudios realizados por Wille y Fuentes (1975) reportaron que varios tipos de polvos, aparentemente inofensivos, pueden causar una alta mortalidad cuando se aplican a algunos insectos.

Zacher y Kunike (1931), fueron los primeros que trataron de explicar dicho fenómeno, pues suponían que los polvos absorbían la humedad a través de la cutícula.

Por otro lado, Aguilar y Zolla (1982) recomendaron en sus resultados el uso chicalote en el control de insectos en almacenes, planta identificada como tóxica por la

presencia de dos alcaloides: berberina y proteopina que le conferirían a esta planta propiedades insecticidas.

Unos años después Lagunes y Vázquez (1994) reportaron el uso de métodos de control mixtos para evitar las altas pérdidas de los granos almacenados ocasionadas por el ataque de plagas insectiles en las regiones de México.

A pesar de la recomendación hecha por el autor mencionado anteriormente acerca de la utilización conjunta de métodos químicos y naturales, en los años posteriores los estudios en este sentido se centraron en la búsqueda y utilización de polvos naturales

Al respecto Procopio *et al.* (2003), durante la evaluación de diferentes polvos vegetales obtuvieron un 100% de mortalidad de *S. zeamais* a una concentración de 3% (p/p).

Resultados similares también lograron Silva *et al.* (2003), quienes evaluaron polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio para el control de *S. zeamais* en maíz almacenado obteniendo una mortalidad de 100% a una concentración del 1% (p/p).

Silva *et al.* (2004) utilizaron diferentes polvos inertes como la cal, caollín, talco, tiza, carbonato de calcio, tierra de diatomeas y ceniza de carbón de espino en el control del *S. zeamais*. Encontrando que la tierra de diatomeas (76.9%, 92.6% y 98.8% de mortalidad con 0.1%, 1% y 2% p/p) y carbonato de calcio (70.2% y 84.2% de mortalidad con 1% y 2%, p/p) fueron los polvos inertes más efectivos para el control de *S. zeamais* en maíz almacenado y que los polvos inertes evaluados no afectan significativamente la germinación de las semillas, y mantienen su efectividad a los 90 d de aplicados.

Silva *et al.* (2005) realizaron estudios referidos a la búsqueda de plantas con propiedades insecticidas evaluaron la: *Acacia dealbata* Link, *Cersis silicuastrum* L., *Chenopodium ambrosioides* L., *Cotonaster sternianus* (Turrill), *Cyperus eragrostis* Lam. *Datura stramonium* L., *Daucus carota* L., *Erodium moschatum* L., *Eschscholzia californica* Cham., *Hypericum perforatum* L., *Lupino angustifolius* L., *Mentha piperita* L., *Peumus boldus* Mol., *Poa annua* L., *Quillaja saponaria* Mol., *Raphanus sativum* L., *Ruta graveolens* L., *Schinus molle* L., *Senecio vulgaris* L., *Urtica ureas* L., *Verbena litorales* Kunth, *Veronica persica* Poiret. Los resultados de este estudio arrojaron que

sólo 2 de los 23 tratamientos evaluados por los autores se pudieron considerar como prometedores con 65,8% y 99,3% de mortalidad de insectos con los polvos de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol.

Bustos *et al.* (2009) reportaron el uso de diferentes dosis de cal con *boldus* sobre la mortalidad del *S. zeamais* concluyendo que entre mayor es la dosis mayor será la mortalidad de los insectos. En este estudio se encontraron valores de 93% de germinación con todas las mezclas utilizadas.

González *et al.* (2011) encontraron que *L. punctatus*, presenta una diversidad composición de grupos de metabolitos secundario con grupos α - amino, alcaloides, triterpenos/esteroides, taninos y grupos fenólicos; y que algún o algunos de estos compuestos están asociado al efecto antiinsecto en el *S. zeamais*. Según los autores, el tallo de *L. punctatus* aplicados como polvos al 1%, constituye un producto potencialmente activo frente a *S. zeamais*.

Pérez *et al.* (2012) evaluaron productos naturales (PAO-1, PAO-2 y zeolitas) para el control de *Lasioderma serricornis* (F.) sobre garbanzo en condiciones de laboratorio. Registrando que PAO-1 produjo aumento de las muertes a partir del noveno día (46%), alcanzando el 81,58% a los 15 días. PAO-2, fue el de acción más rápida, al ocasionar a los tres días, el mayor número de muertes (43,33%) alcanzando 100% a los 15 días y la mortalidad producida por la zeolita se incrementó a partir del sexto día hasta alcanzar más del 96,09%, con valores superiores a los obtenidos con los restantes tratamientos a los nueve y 12 días. Estos autores aseguraron que los productos de *P. aduncum* demuestran el poder antiinsecto de las plantas de la familia *Piperaceae* y de la zeolita como material inerte al disminuir la población de *L. serricornis*.

Fusé *et al.* (2013) evaluaron la capacidad insecticida de TDs (Tierra diatomeas) provenientes de diferentes yacimientos argentinos sobre *T. castaneum*, *R. dominica* y *S. oryzae*, comparando los resultados obtenidos en bioensayos con la determinación de algunos parámetros fisicoquímicos. Obteniendo valores de mortalidad aceptables a los 7 y 14 días.

El control de plagas con polvos insecticidas está ligado a fenómenos muy diversos como: repelencia, disuasión de la oviposición, efectos antialimentarios, incertidumbre durante el reconocimiento, interferencias en la sujeción al hospedero y mortalidad directa (Puterka *et al.*, 2000), que deben ser analizados desde diferentes disciplinas como el comportamiento y fisiología de insectos, la tecnología de materiales y la física básica.

De aquí se desprende que el lento desarrollo tecnológico y la escasa diversificación de los insecticidas inorgánicos son, en parte, una consecuencia de las dificultades asociadas al análisis multidisciplinario de fenómenos cuali-cuantitativamente tan diversos. Sin embargo, hallazgos recientes como los nanoinsecticidas (Stadler, Buteler y Weaver, 2010) ofrecen nuevas alternativas que permiten ampliar el espectro de aplicaciones de los polvos inertes o simplemente mejorar su eficacia.

Durante la última década, se produjo un aumento exponencial del interés por los nanomateriales en el ámbito académico e industrial. Éste surge a partir de las propiedades nuevas que emergen de los materiales en esa escala, tales como los cambios en la conductividad eléctrica, actividad de superficie y reactividad. La nanotecnología también se presenta como una herramienta muy prometedora para el control de plagas, aunque su desarrollo se encuentra en su etapa inicial (Perez de Luque y Rubiales, 2009; Parr, Bugusu y Yada, 2010; Stadler, Buteler y Weaver, 2010).

La nanotecnología aplicada a la producción de alimentos es el principio de una nueva “agricultura de avanzada” (NNCO, 2006), o por lo menos un novedoso desafío para la agricultura (Paull y Lyons, 2008).

Se trata de una ciencia de rápido desarrollo enfocada en lo “ultra-pequeño” [desde 1 a 100 nanómetros (10⁻⁹m)], una escala en la cual los materiales exhiben nuevas propiedades. Sobre la base del paradigma “*lo mismo pero diferente*”, los nanomateriales manufacturados difieren de las sustancias con idéntica estructura y composición química respecto de propiedades como reactividad, área específica, efectos cuánticos, carga eléctrica, etc. Estas nuevas propiedades surgen a partir de la reducción del tamaño de partícula hacia el rango nanométrico, y se amplía así el espectro de aplicaciones del compuesto a diferentes productos industriales, agrícolas,

electrónicos, vestimenta, pinturas, alimentos, cosméticos, medicamentos, etc. La reducción del tamaño de la partícula de una sustancia se traduce en el aumento de la relación superficie/volumen por unidad de peso, que se correlaciona generalmente con el incremento en la toxicidad del material según Paull y Lyons (2008a), característica que ha sido capitalizada por algunos investigadores al aplicar nanopartículas para el control de diferentes microorganismos e insectos.

Por otro lado, la alúmina nanoestructurada (NSA) recientemente descubierta como insecticida (Stadler, Buteler y Weaver, 2010), se caracteriza por partículas de 40-60nm y una superficie específica de $14\text{m}^2.\text{g}^{-1}$ (Mimani y Patil, 2001), que forman agregados grandes. Desde el punto de vista químico, se trata de óxido de aluminio (Al_2O_3), una sustancia omnipresente en la naturaleza, que junto con la sílice es uno de los principales ingredientes de las arcillas (Hurlbut y Klein, 1985)

2. Revisión sobre polvos minerales

Los polvos minerales con propiedades insecticidas y especialmente los polvos inertes (PI), como por ejemplo la tierra de diatomeas y el caolín, exhiben características deseables tales como: especificidad, baja toxicidad para el hombre y para los organismos benéficos, biodegradabilidad, bajo costo y baja probabilidad de generar resistencia (Ebeling, 1971; Banks y Fields, 1995; D'Antonio, 1997; Golob, 1997; Subramanyam y Roesli, 2000).

Históricamente, el polvo presente en el suelo fue utilizado como repelente de insectos por algunos pueblos primitivos, probablemente, copiando el comportamiento de mamíferos y aves, que regularmente toman “baños de polvo” para deshacerse de insectos y ácaros (Ebeling, 1961). Los primeros casos documentados sobre el empleo de PI datan de alrededor del año 2000 a.C. y se refieren al control de plagas con tierra de diatomeas (Diatomita) en China (Allen, 1972). En el antiguo Egipto (1500 a.C.), se utilizó carbonato sódico y cenizas para el control de plagas en granos almacenados, a través de una tecnología de aplicación que fuera plasmada en forma de recomendaciones escritas (Panagiotakopulu *et al.*, 1995). En el siglo I d.C., se utilizó el polvo de piedra caliza (carbonato de calcio) para controlar insectos del grano almacenado y, posteriormente, alrededor del siglo III, se incorporaron a estas prácticas

los polvos reactivos (no inertes) como hidróxido de calcio y el azufre (Secoy y Smith, 1983), a los que se sumó la “cal viva” (óxido de calcio). Estos polvos fueron utilizados como insecticidas domésticos, agrícolas y de post-cosecha durante los siglos XVII y XIX, junto con el polisulfuro de calcio (Ordish, 1976).

Un valioso aporte al estudio del mecanismo de acción de los PI surge a través del trabajo de Briscoe (1943), quién demostró que estos productos provocan deshidratación y muerte por desecación. Luego, Alexander *et al.* (1944a) señalaron que el fenómeno de desecación de los insectos por acción de PI se debe a la “absorción de la epicutícula” o a la “penetración de los PI en la misma”, esta acción es independiente de la composición química del PI y de su reactividad. Este autor demostró además, que la mortalidad de insectos expuestos a PI se correlaciona inversamente con el tamaño de partícula, con la estructura angular de la misma y con el incremento de la dureza intrínseca del material, y que bajos porcentajes de mortalidad en insectos tratados con PI se encuentran asociados con altos valores de humedad relativa (Alexander *et al.*, 1944a).

Finalmente, el mecanismo de acción insecticida de los PI fue definido como la suma de los fenómenos de abrasión y absorción de las ceras epicuticulares, que conducen a la desecación de los insectos (Kalmus, 1944; Wigglesworth, 1944), mientras que la eficacia de los diferentes PI se correlacionó con las propiedades físicas del polvo, como el tamaño de partícula, densidad, superficie específica, dureza y factores exógenos como la humedad relativa (David y Gardiner, 1950; Alexander *et al.*, 1944 a, b).

A partir del desarrollo de técnicas para cuantificar la capacidad de los polvos inertes para absorber y remover las ceras de la cutícula de insectos, se comprobó que los PI no abrasivos como Montmorillonita (hidroxisilicato de magnesio y aluminio) y Atapulgita (silicato de aluminio y magnesio hidratados) remueven la capa de cera de la cutícula de termitas, *Incisitermes menor* (Hagan) (Ebeling y Wagner, 1959). Ebeling (1961) comprobó que las partículas ≥ 20 absorben las moléculas de cera con cadenas de más de C30, presentes en la mayoría de las ceras cuticulares de insectos; y considera además que el tamaño de partícula y la superficie específica del polvo son factores

relevantes en la absorción de las ceras. Este autor también evaluó la eficacia de los polvos inertes para el control de diferentes plagas, como insectos del grano almacenado (*Sitophilus oryzae* L.), cucaracha americana (*Periplaneta americana* L.) y ectoparásitos de aves de corral (*Ornithonyssus sylvarium* (Ebeling, 1961).

3. Prácticas en la conservación de granos y semillas en Cuba

Zeolitas Naturales

Según Solano *et al.* (2015), las zeolitas, comprenden un grupo de minerales pertenecientes a los alúmino-silicatos, cuyas propiedades fundamentales son:

1. Alta capacidad de intercambio iónico total y por cationes intercambiables.
2. Composición química eminentemente silíceo.
3. Capacidad para adsorber hasta el 60 % de su masa en agua.
4. Alta estabilidad química y física.

Producto Zeosem

Es un producto 100 % natural mineral, obtenido a partir de la selección, molienda y clasificación granulométrica de tobas zeolitizadas del yacimiento Tasajeras, en San Juan de los Yeras, Ranchuelo.

Para su aplicación en la conservación de granos y semillas no requiere de un procesamiento industrial adicional, ni el empleo de productos químicos, fungicidas e insecticidas.

Se ha utilizado en la conservación de granos y semillas en Italia, México, Panamá, Colombia, Brasil, Costa Rica, Cuba y España.

El Zeosem tiene un efecto mortal sobre los insectos que infectan los granos y semillas almacenados, provocando su muerte por deshidratación en solo 48 horas como promedio, al penetrar en las membranas intersegmentales después de entrar en contacto con los mismos.

El Zeosem resulta más eficaz que los otros desinfectantes, pues también reduce en apenas dos horas de aplicado la capacidad reproductora de las plagas, provocando

grandes alteraciones en estos, que le impiden el apareamiento y el depósito de sus huevos.

Este nuevo producto es capaz de secuestrar por adsorción hasta un 60 % de las aflatoxinas presentes, sin necesidad de emplear productos químicos. Cuando se emplea el Zeosem, se disminuye en más de un 30 % el porcentaje de las semillas podridas después de 12 meses de almacenaje, aumentando la capacidad de germinación de las mismas.

1. Características generales. Insectos que afectan los granos almacenados

Según CNSV (2006), los curculiónidos son los verdaderos gorgojos y es la familia más numerosa de los coleópteros. Los adultos tienen forma oval, alargada, cilíndrica y algunos son robustos, miden de 1 a 35 mm. de largo, su color varía. Cabeza más o menos esférica, prolongada en un pico que eleva en el extremo minúsculas pero poderosas, piezas bucales, antenas por lo general acodada, el escapo es muy largo y se aloja en un surco de la cara externa de la cabeza llamado estrobo, la maza antenal está formada por tres segmentos.

2. Gorgojo del maíz: *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Coleóptera: *Curculionidae*.

Se ha observado que *S. zeamais* es el principal responsable de las infestaciones que preceden a la cosecha, debido a que la tendencia a volar es mayor en esta especie (Fleitas, 2007) citado por González *et al.* (2011).

Es un adulto muy parecido al gorgojo del arroz (*S. oryzae*) del cual es muy difícil diferenciar externamente. Mide de 3.3 a 4.5 mm. de largo. Elitros con cuatro manchas amarillentas bien determinadas, con puntuación pronunciada y profunda (Ochoa *et al.*, 2015). Ataca principalmente los granos de maíz pero es polífago.



MATERIALES Y MÉTODOS

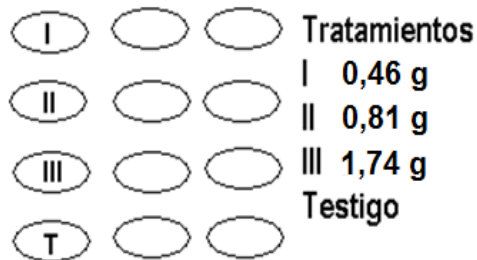
3. Lugar del experimento

El presente trabajo se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sancti Spíritus en colaboración con el Instituto de Sanidad Vegetal de Sancti Spíritus (ISVSS). En el período comprendido entre febrero 2014 diciembre 2015.

4. Procedimiento experimental

Diseño

Para el experimento se utilizó un diseño bloque completamente al azar de 4 tratamientos y 3 dosis en un arreglo factorial de 4x3. Los tratamientos se evaluaron en dosis de 0,46 g; 0,81 g; 1,74 g y un testigo (sin polvo) con dos réplicas cada uno. Se hicieron 4 repeticiones en el tiempo.



Los insectos se colectaron en el almacén municipal del municipio Trinidad (Cuba Central) perteneciente al MINCIN. Se identificaron los sexos de los insectos en el Instituto de Sanidad Vegetal de Sancti Spiritus (ISVSS) con ayuda de un microscopio estereoscópico "OLIMPUS" de aumento 30X, la determinación del sexo se realizó según lo mencionado por Morales (2015), teniendo en cuenta las puntuaciones presentes en la probosis del macho, mucho más numerosas y acentuadas que en las hembras, además, en el abdomen del macho el último ventrículo es más cónico que en la hembra, que es redondo.

La población se crió en condiciones de laboratorio 25 ± 2 °C de temperatura, 70 ± 5 % de humedad relativa y fotoperíodos de 12 horas y 12 h de oscuridad, en frascos de

plástico, de 285 g de capacidad, con ventanas de aireación en las tapas, acondicionada con tapas plásticas que no permitieron el escape del insecto.

La colecta y la identificación de los sexos se realizaron con el objetivo de someterlo a reproducción y utilizar en los ensayos la primera generación.

5. Obtención del polvo

El polvo de mármol blanco (marmolina) se obtuvo en Corta Bloques ubicado en el municipio Fomento y perteneciente a la empresa Mármoles Centro (MC) de Villa Clara. Se tuvo en cuenta la caracterización química realizada al polvo de mármol blanco según Rodríguez (2016). El volumen de producción de marmolina de la empresa en ese municipio es de 14.56 m³ semanales aproximadamente.

6. Evaluación del efecto antiinsecto del polvo inerte de piedra mármol blanco

Al no encontrarse trabajos publicados sobre la efectividad del polvo de mármol blanco sobre semillas agrícolas para el control de insectos plaga se decidió adoptar para el estudio la metodología propuesta por autores que han realizado trabajos con polvos inertes semejantes al de esta investigación sobre insectos plagas de almacenes.

La metodología que se adoptó fue la propuesta por Lagunes y Rodríguez (1989), que plantea la mezcla de polvo a razón de 0,46 g; 0,81 g; 1,74 g con 105 g de semillas, en frascos de cristal estériles de 285 g. Después de aplicada la marmolina a las muestras, se agitaron los frascos para lograr que el grano quedara cubierto uniformemente.

Luego de realizada la mezcla se procedió a su infestación con 75 insectos de *S. zeamais* (experimentos y sus repeticiones), de este modo se determinó el espacio de días en que el polvo era capaz de matar los insectos, la dosis más adecuada de las utilizadas en este estudio y se evaluó el efecto de la marmolina sobre los mismos.

Mortalidad: Se evaluó diario después de realizada la infestación, cuantificándose los insectos vivos y muertos en cada tratamiento y sus repeticiones. Se calculó utilizando la fórmula de Abbott (1925) citada por Pérez *et al.* (2012).

$$\% M = \frac{Me - Mb}{N - Mb} * 100$$

donde:

% M = Porcentaje de mortalidad.

me = mortalidad en el tratamiento.

$$Me = \frac{r}{n}$$

mb = mortalidad en el testigo.

$$Mb = \frac{r'}{n}$$

r = Insectos muertos en el tratamiento.

r' = Insectos muertos en el testigo.

n = Número de individuos utilizados

7. Efecto repelente del polvo inerte de mármol sobre el comportamiento de los insectos

La metodología utilizada para la evaluación de repelencia se adoptó de la propuesta por Mazzonetto y mencionada por Tavares (2002) y Pérez *et al.* (2012). Para determinar el índice de repelencia, se utilizó la fórmula descrita por Mazzonetto (2002).

$$IR = \frac{2G}{G + P}$$

Donde:

IR es el índice de repelencia,

G es el porcentaje de insectos en el tratamiento,

P es el porcentaje de insectos en el testigo, y

el polvo mineral es neutro si IR=1, atrayente si IR>1 y repelente si IR<1.

Se utilizaron cuatro cajas plásticas circulares Figura 2.1a, de 5 cm de diámetro y 8,5 cm de altura; la caja central (7,5 cm de ancho x 8,5 cm de altura) se conectó con las demás por tubos plásticos de 0,8 mm de diámetro y 7 cm de longitud dispuestos diagonalmente. La dosis que se utilizó para la realización de esta prueba fue la de 1,74

g. El tratamiento con polvo y el testigo, fueron distribuidos en cajas simétricamente opuestos.

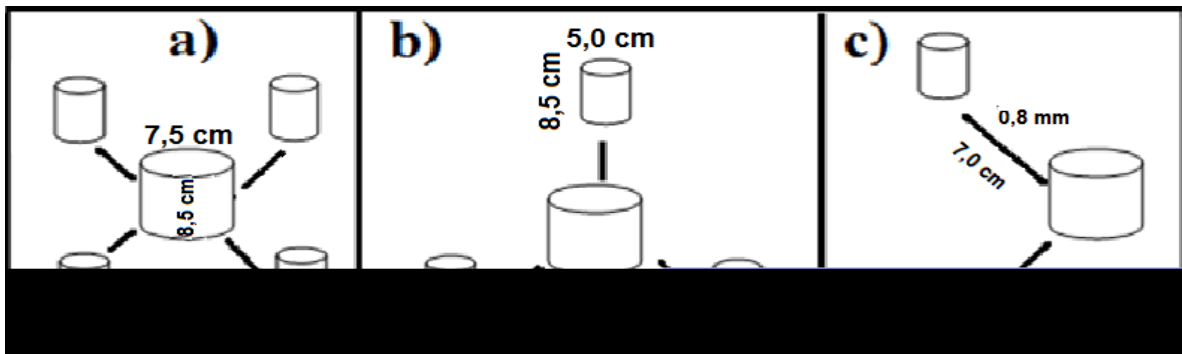


Figura 2.1. Esquema de las cajas para la evaluación del índice de repelencia.

En el recipiente central se liberaron los insectos adultos sin sexar y luego de 24 horas se contabilizó el número de insectos en cada recipiente. Se hicieron seis repeticiones utilizando 10 insectos en cada caso y cambiando el número de cajas plásticas periféricas (Figura 2.1 b, c.)

8. Prueba de germinación de las semillas tratadas con marmolina

Se realizó la prueba a los 10 meses de protegidas con el polvo para verificar si la marmolina influía en el poder germinativo. Para ello se escogieron al azar 10 semillas por tratamiento de 105 g y se colocaron en placas de Petri con papel de filtro humedecido. Se hicieron dos repeticiones por tratamiento en el tiempo. Se contaron las semillas germinadas.

9. Análisis matemático-estadístico.

Para el análisis estadístico los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza en el paquete estadístico Statgraphics para Windows versión 5.0.

Para el cálculo de la mortalidad los datos obtenidos fueron transformados en arco seno ($\sqrt{x/100}$). Debido a la variabilidad de los datos y a que las observaciones se expresarán en números pequeños se extrajo la raíz cuadrada de cada observación, luego esta respuesta acumulada de los organismos (mortalidad) fue transformada a unidades probit.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10. Efecto antiinsecto

Al evaluar el efecto antiinsecto de la marmolina sobre diferentes insectos (Tabla 3.1), los mejores resultados del polvo en el control de insectos se obtuvieron a partir de las 96 h, al encontrarse 72 insectos muertos con una dosis de 1,74 g. estos resultados difieren de los obtenidos en el testigo donde los mayores niveles de muertes se cuantificaron a partir de los 6 y 7 días de aplicada la marmolina.

Tabla 3.1. Insectos muertos en el tiempo con tres dosis de polvo de mármol (efecto antiinsecto).

Dosis de marmolina	Insectos	Número de insectos muertos en el tiempo						
		12 h	24 h	48h	72h	96h	120h	144h
0,46 g	<i>S. zeamais</i>	0	2	8	15	49	72	75
0,81 g	<i>S. zeamais</i>	0	2	9	28	61	72	75
1,74 g	<i>S. zeamais</i>	0	2	13	31	72	75	75
Testigo	<i>S. zeamais</i>	0	0	1	2	2	2	2 (+9d)

Fuente: Datos en experimentos *(+9) insectos vivos por más de 9 días.

Los resultados están dados porque al estar el insecto expuesto al polvo, al paso de los días este le causa efectos en la movilidad y comportamiento lo que repercute en un menor daño económico y demuestra que cuando el polvo es aplicado el insecto puede ser afectado antes de penetrar a la semilla.

Los niveles de mortalidad se incrementan a partir de las primeras horas de aplicado, alcanzando el nivel más alto a las 144 horas para los cuatro insectos utilizados. Se pudo comprobar que existe una relación proporcional entre el efecto del polvo aplicado, el tiempo transcurrido desde su aplicación y los niveles de mortalidad. Los resultados indican que a medida que trascurren los días el polvo tiene mayor efecto sobre los

insectos ya sea por la desecación/abrasión o por la adhesión del mismo a los espiráculos limitando su respiración y su movimiento.

En análisis estadístico (Tabla Anova) demostró una diferencia significativa (P-value = 0.03064) entre las dosis utilizadas (0,46 g; 0,81 g; 1,74 g) y el número de insectos muertos en el tiempo durante la evaluación de la mortalidad.

El 100 % mortalidad para *S. zeamais* se obtuvo a los 6 días con una dosis de 1,74 g, lo que difiere estadísticamente con el testigo donde el valor de mortalidad registrado fue inferior (Tabla 3.2.). Al evaluar la dosis de 0,46 g se obtuvo un valor de mortalidad inferior al registrado con 1,74 g pero superior con respecto al testigo.

Tabla. 3.2 Mortalidad encontrada en semillas protegidas con tres dosis de polvo de mármol.

Dosis de marmolina	Semillas	NIU	Muestra	Mortalidad (6 días)
0,46 g	<i>Z. mays</i>	75	105 g	64,0 a
0,81 g	<i>Z. mays</i>	75	105 g	98,7 b
1,74 g	<i>Z. mays</i>	75	105 g	100 b
Testigo	<i>Z. mays</i>	75	105 g	32,0 c

*NIU-Número de insectos utilizados.

*Valores con letras diferentes en la columna difieren estadísticamente entre sí. (P < 0,05).

Fuente: Datos en experimentos.

Estos resultados están cercanos a los obtenidos por Pérez *et al.* (2012) quienes encontraron un incremento en la mortalidad de 96,09 % de *L. serricorne* producida por la zeolita a partir del sexto día.

La diferencia en los resultados pudo haber estado influida en la divergencia del insecto utilizado por el autor anteriormente mencionado. *L. serricorne* a pesar de ser también coleóptero posee una estructura en forma de pelos finos y densos en su cuerpo, las cuales pudieron limitar la adhesión homogénea del polvo con la cutícula del insecto

minimizando los efectos del mismo. Lo cual difiere con los insectos de este estudio los cuales no presentan este tipo de estructura.

Este resultado está cercano al obtenido por Silva *et al.* (2004), quienes al utilizar una mezcla de *Peumus boldus* Molina: cal (50%-50%) al 1% de concentración sobre *S. zeamais* obtuvieron un 97,7% de mortalidad de insectos.

También está cercano al obtenido por Pérez *et al.* (2012), quienes al comparar los efectos de PAO-2 (2 g) y zeolita (2 g) sobre insectos de almacenes obtuvieron 100 % de mortalidad. Sin embargo, los resultados de este estudio difieren con el autor mencionado anteriormente en cuanto a la dosis utilizada siendo la de esta investigación de mejores resultados. Debemos destacar que Pérez *et al.* (2012) utilizaron una dosis de polvo zeolitas más alta que la utilizada en este estudio para la marmolina.

En cuanto al periodo de tiempo, este porcentaje de mortalidad también supera los resultados obtenidos por Silva *et al.* (2004) con carbonato de calcio (1% y 2%, p/p) el cual causó 70.2% 84.2%, y 31.8% de mortalidad y con CaO como polvo inerte a 0.1% p/p de concentración, que causó 19.7% de mortalidad. Los resultados obtenidos en el trabajo difieren con el del autor anteriormente citado debido a las concentraciones utilizadas, las cuales en este estudio fueron superiores y difieren también en cuanto a la composición química de los compuestos. Debemos señalar que el autor mencionado anteriormente utilizó una dosis sobre el insecto que contenía un solo compuesto químico y en el caso de este trabajo se utilizó una dosis sobre el insecto compuesta por varios elementos químicos. Lo cual sin dudas influyó sobre la diferencia de resultados.

Se comprobó tanto en los experimentos como en sus réplicas que los insectos al morir manifestaban alas extendidas. Este hecho post mortem es causado por la afectación desecante de la marmolina a los músculos, específicamente los de la locomoción, los cuales, salen del tórax y se disponen hacia la base de las alas provocando la expansión y retracción de las mismas. Es posible también suponer que la marmolina al ser un polvo fino se disponga en los espiráculos de los insectos afectando su respiración.

En este sentido, Lagunes y Vázquez (1994) aseguraron que un tratamiento prometedor debe ocasionar el 50% de mortalidad. Según el criterio plateado por este autor se considera efectiva la marmolina en sus tres dosis (0,46 g; 0,81 g; 1,74 g) en el control de *S. zeamais* durante la protección de semillas de maíz durante el almacenamiento.

11. Efecto repelente del polvo inerte de mármol sobre el comportamiento del insecto

La prueba realizada arrojó un índice <1 para todos ensayos realizados (Tabla 3.3). Según los resultados la marmolina posee propiedades repentes, para *S. zeamais*.

Este resultado es cercano al obtenido por Pérez *et al.* (2012), al evaluar zeolitas como material inerte sobre plagas de almacenes quienes encontraron un IR 0,70.

Tabla 3.3. Valores de repelencia hacia el insecto del polvo aplicado a semillas de maíz.

Dosis de marmolina	Insectos	NIU	Valor IR
1,74 g	<i>S. zeamais</i>	60	0,90
0,81 g	<i>S. zeamais</i>	60	0,77
0,46 g	<i>S. zeamais</i>	60	0,58

*NIU-Número de insectos utilizados.

Fuente: Datos en experimentos

El índice de repelencia pudo estar dado, entre otros factores por las características ultrafinas de las partículas de la marmolina, que según Paull y Lyons (2008 b), son en general más tóxicas que sus equivalentes de mayor tamaño e igual composición química, como consecuencia de la correlación directa entre la relación superficie/volumen por unidad de peso y la energía de superficie de la partícula, de la que depende directamente su actividad biológica lo que influye en el comportamiento del insecto migrando este de un lugar a otro.

Coincide igualmente con Jia *et al.* (2005) al plantear que la responsabilidad de la actividad repelente del polvo es la estructura de las partículas y que afecta directamente al organismo.

Otro factor incidente pudo ser la presencia de varios elementos químicos en el polvo de mármol, que Buteler *et al.* (2011), la composición química de las partículas y la presencia de distintos elementos o sus diferentes combinaciones afecta la actividad biológica de insectos (sustancias simples o compuestas como óxidos, sales).

Los resultados obtenidos indican que este producto mineral inerte puede utilizarse en el manejo de estas plagas a nivel de almacén al actuar según Subramanyam y Roesli citado por Buteler *et al.* (2011), como barrera física y para evitar la afectación y las lesiones, que pueden convertirse en daños por los insectos plagas de almacenes (Fresneda *et al.*, 2014). Además, de disminuir la infestación por dichas plagas, al ocasionarle deshidratación.

Durante el ensayo de repelencia se evidenció que a las 24 horas se encontraron insectos en el testigo, que previamente habían estado en el tratamiento lo cual fue posible observando polvo blanco en la cutícula de los mismos.

La actividad biológica de los polvos inertes según la literatura se encuentra estrechamente relacionada con el valor de la superficie específica del material que aumenta en función de la reducción del tamaño de partícula.

Villalba, Bustillo y Cháves (2006) comprobaron que el comportamiento del insecto se hace vulnerable al tratamiento con insecticidas. Lo cual coincide con Pérez, Silva y Tapia (2007), quienes aseguraron que cuando sustancias insecticidas naturales son halladas por los insectos, ejercen efecto en la conducta de éstos y provocan la migración hacia otros lugares. Debemos tener en cuenta que el polvo de mármol presenta Al_2O_3 , SiO_2 , los cuales según Stadler, Buteler y Weaver (2010), son insecticidas minerales. Otro elemento de importancia es que el polvo concede un medio seco y abrasivo que afecta el insecto y debido a esto el mismo tiende a migrar hacia otros lugares.

12. Prueba de Germinación

La prueba de germinación se realizó a los 10 meses de efectuados los tratamientos. El análisis de varianza realizado (Tabla Anova) no mostró diferencia significativa (P-1.26354) debido a que el P-value no es inferior a 0,05 el factor tratamiento no tiene

efecto estadísticamente significativo sobre germinación para un nivel de confianza del 95,0%. Lo que significa que ninguna de las dosis utilizadas en el estudio afecta la germinación. Según se puede observar los valores determinados en el testigo no difiere grandemente a los obtenidos en los tratamientos (Tabla 3.4).

Tabla. 3.4 Germinación de semillas tratadas con tres dosis de marmolina como polvo inerte.

Dosis	Semillas	Muestra	Germinación (promedio)
0,46 g	<i>Z. mays</i>	105 g	92,37 a
0,81 g	<i>Z. mays</i>	105 g	93,27 a
1,74 g	<i>Z. mays</i>	105 g	86,96 a
Testigo	<i>Z. mays</i>	105 g	90,28 a

*Valores con letras iguales en la columna no difieren estadísticamente entre sí. ($P < 0,05$).

Fuente: Datos en experimentos

Durante la prueba realizada en los experimentos no se observó afectación en la germinación de las semillas evaluadas y expuestas al polvo. Los valores obtenidos para todos los tratamientos están cercanos a 90% de germinación, el cual según Silva *et al.*, (2004) es un nivel muy próximo al exigido para la exportación de semillas. El testigo arrojó valores semejantes al evaluado en los tratamientos.

Según los resultados obtenidos el polvo utilizado en las semillas no presentó ningún inhibidor de la germinación al obtenerse valores aceptables.

Esto se justifica porque el polvo de mármol blanco posee Ca^{2+} el cual favorece la permeabilidad de la membrana permitiendo la entrada de agua al exponerse la semilla y con ello lograr suficiente imbibición. La marmolina posee iones minerales (Fe^{3+} , Mg, K) que participan en la activación de enzimas de importantes vías que forman y degradan sustratos que participan en la germinación de la semilla. Este hecho, indica que las semillas pueden ser tratadas con este polvo mineral de piedra mármol al presentar iones minerales que favorecen el proceso de germinación de las semillas.

En la literatura consultada se encontraron escasos trabajos acerca de la evaluación de la germinación de semillas que han sido expuestas a polvo inerte debido a que la mayor cantidad de investigaciones se han centrado en los granos para el consumo animal.

La marmolina demostró poder antiinsecto sobre insectos *Coleópteros: Curculionidae* como material inerte al disminuir la población de *S. zeamais* en los experimentos realizados.

Con estos resultados se evidencian, las posibilidades de uso de este producto en el manejo de plagas de almacén, proveniente de un material abundantes en Cuba y libre de costo alguno. El avance en esta investigación contribuye también a reducir el empleo de insecticidas químicos, lo que es de especial importancia en el mercado de productos orgánicos.

El descubrimiento de la marmolina como insecticida mineral debido a la composición química que presenta, abre nuevas fronteras en el manejo de plagas de almacenes con polvos inorgánicos así como de los nanoinsecticidas, una ciencia poco utilizada en Cuba y en algunos casos desconocida y cuya eficacia con respecto a otros polvos inertes como el CaO, tizate, tierra de volcán, diatomeas etc. depende de la composición mineral del polvo y del tipo de formulación que se emplee.

Es una alternativa, además, promisoría para el control de plagas de insectos, por tratarse de un producto natural en cuanto a su composición química, eficaz por la baja dosificación, seguro para el hombre y el ambiente desde el punto de vista de su escasa reactividad química, con reducidas probabilidades de provocar resistencia a corto o mediano plazo debido a su mecanismo de acción basado en fenómenos físicos y no bioquímicos.

CONCLUSIONES

La aplicación de marmolina en dosis (0,46g; 0,81g; 1,74 g) produce una efectiva protección de la semillas al causar mortalidad de *S. zeamais* en un 64%; 98.7% y 100% respectivamente, a los 6 días.

La marmolina causa efecto sobre la movilidad y comportamiento del insecto una vez aplicado a la semilla.

La marmolina es repelente físico para *S. zeamais* al obtenerse un valor de repelencia inferior a uno.

La marmolina no afectó la germinación después de tratadas las semillas de maíz por un período de 10 meses.

RECOMENDACIONES

Evaluar la efectividad de la marmolina sobre otros insectos que afectan semillas almacenadas.

Realizar investigaciones que evalúen el efecto residual de la marmolina sobre la semilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar C. A. y Zolla C. (1982). *Plantas tóxicas de México*. Unidad de Investigación Biomédica en Medicina Tradicional y Herbolaria. Instituto Mexicano del Seguro Social. Lafuente Impresores S. A. 271 p.
- Alexander, P.; Kitchener J. A. y Briscoe, H. V. A. (1944 a). Inert dust insecticides. Part I. Mechanism of action. *Ann. Appl. Biol.*, 31: 143–149.
- Alexander, P.; Kitchener J. A. y Briscoe, H. V. A. (1944 b). Inert dust insecticides. Part II. Mechanism of action: The nature of effective dusts. *Ann. Appl. Biol.* 31: 150-156.
- Allen, F. 1972. A natural earth that controls insects. *Org. Gard. y Farm.* 19: 50-56.
- Banks, H.J. y Fields, P. G. (1995). *Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems*. En: Jayas, D. S., N. D. G. White y W. E. Muir (eds.), *Stored-Grain Ecosystems*, Marcel Dekker, New York, pp. 353-409.
- Briscoe, H. V. A. (1943). Some new properties of inorganic dusts. *J. Roy. Soc. of Arts.*, 41: 583-607.
- Bustos, F. G.; Osses-, R. F.; Silva, A. G.; Tapia, V.; Hepp, G. R. y Concepción, M. (2009). Insecticidal properties of *Peumus boldus* Molina powder used alone and mixed with lime against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Chilean Journal of Agricultural Research* 69(3):350-355 (july-september 2009).
- Buteler, M.; Teodoro, S.; Guillermo, P.L.G.; Trombotto, L. y valeria, F. (2011). Propiedades insecticidas de la ceniza del complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle y su posible impacto ambiental. *Rev. Soc. Entomol. Argent.*, 70 (3-4). Julio-diciembre. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_serial&pid=0373-5680&lng=es&nrm=iso
- Casini, C. y Santauliana M. (2008). *Control de plagas en granos almacenados*. Disponible en:

<http://www.cosechayposcosecha.org/data/articulos/postcosecha/controlplagsgranosalmacenados.asp>

- Chapman, R. F. (1969). *The insect structure and function*. New York, N. Y: American Elsevier: 819 pp.
- CNSV (2006). *Manejo integrado de plagas en almacenes, silos, instalaciones de la industria molinera y transportación de alimentos*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal Proyecto No. MP/CUB/04/133, Ciudad de la Habana.
- D'Antonio, L. (1997). *Principais pragas de grãos armazenados*. In: *Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais*. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande. Paraíba. Brasil: 189-291
- David, W. A. L. y. Gardiner, O. C. (1950). Factors influencing the action of dust insecticides. *Bull. Entomol. Res.* 41: 1-60.
- Ebeling, W. (1961). Physicochemical mechanism for the removal of insect wax by means of finely divided powders. *Hilgardj*, 30: 531-564.
- Ebeling, W. (1971) .Sorpitive dust for pest control. *Ann. Rev. Entomol.*, 16: 123-158.
- Ebeling, W. y Wagner, R. E. (1959). Rapid desiccation of dry wood termites with inert sorpitive dusts and other substances. *J. Econ. Ent.* 152: 190-212.
- Fresneda, J. A.; Vázquez, I. L.; Avilés, R.; Díaz, T. y Batista, R. (2014). *Manejo de organismos nocivos en el proceso de la cosecha y almacenamiento de la semilla botánica*. En: *Compendio de buenas prácticas agroecológicas en el manejo de plagas*. Compilador: Luis L. Vázquez Moreno. La Habana, Cuba: Editora agroecológica: 94-104.
- Fusé, C.B.; Villaverde, M. L.; Padín, S.B., De Giusto, M. y Juárez, M. P. (2013). Evaluación de la actividad insecticida de tierras de diatomeas de yacimientos argentinos. *Revista: RIA*, 39 (2).
- Golob, P. (1997). Current status and future prospectives for inert dust for control of stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 33: 69-79.

- González, F. M. L. y Gómez, L. V. (2006). Evaluación de la mortalidad de adultos de *Sitophilus zeamays* (Coleoptera: Curculionidae) ocasionada por diferentes concentraciones de Tierra de Diatomeas y pimienta negra (*Piper nigrum*) en maíz almacenado. *Invest. Agr.* 8 (2):45-49.
- González, S.; Pino, O.; Herrera, R.; Valenciaga, N.; Fortes, D. y Sánchez, Y. (2010). Una especie de la familia Asteraceae (89-1-XIV) con actividad antiinsecto frente a la plaga *Sitophilus zeamais*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44 (2): 195-199.
- González, S.; Pino, O.; Herrera, R.; Valenciaga, N.; Fortes, D. y Sánchez, Y. (2011). Potencialidades de los polvos de *Lonchocarpus punctatus* en el control de *Sitophiluszeamais*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45 (1).
- Silva, G. A.; Paulina, G. G.; Ruperto, H. G. y Casals, P.B. (2004). Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes *Agrociencia*, 38 (5): 529-536, septiembre-octubre.
- Haro, B. A. (2004). *Efecto de diferentes dosis de tierra de diatomeas en el control del gorgojo del maíz (Sitophilus zeamais (Mottschulsky) Coleóptera: Curculionidae) en maíz almacenado*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Agropecuarias en el área de Protección Vegetal. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. 34 p.
- Hurlbut, C. S. y Klein, C. (1985). *Manual of Mineralogy*. New York: John Wiley & Sons.
- Jessica, D. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento, una revisión bibliográfica. *Cultivos Tropicales*, 2010, vol. 31, no. 1, p. 74-85
- Jia, G.; Wang, H.; Yan, L.; Wang, X.; Pei, R.; Yan, T.; Zhao, Y. y Guo, X. (2005). Cytotoxicity of carbon nanomaterials: single-wall nanotube, multi-wall nanotube, and fullerene. *Environ. Sci. Technol.* 39: 1378-1383.
- Kalmus, H. (1944). Action of inert dusts on insects. *Nature*153: 714-715.

- Lagunes, T. A. y Rodríguez, J.C. (1989). Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas. En:Temas selectos de manejo de insecticidas agrícolas. (Tomo 1), México: CONACYT/Montecillo, Edo. p. 24-106.
- Lagunes, T. A. y Vázquez, N. M. (1994). *El Bioensayo en el Manejo de Insecticidas y Acaricidas*. Edo. de México: CONACYT /Montecillo, 159 p.
- Maíz Alimento Completo (MAC) (2014). Características del maíz. Disponible en: http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com_contentview=articleid=13382:maiz=alimento-completocatid=articulos-tecnicos
- Mazzonetto, F. (2002). *Efeito de genótipos de feijoeiro e de pós de origem vegetal sobre Zabrotes subfasciatus (Boh.) e Acanthoscelides obtectus (Say) (Col: Bruchidae)*. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 134p.
- Mimani, T. y Patil, K. C. (2001). Solution combustion synthesis of nanoscale oxides and their composites. *Mater. Phys. Mech.* 4: 134-137.
- Mondragón, I. y Peña. Y. C. (2015). Uso de los insectos *Tenebrio molitor*, *Tribolium castaneum* y *Palembus dermestoides* (Coleoptera: Tenebrionidae) como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revistas de Investigación*, 39 (86).
- Morales, F. H. (2015). *Comparación de cuatro métodos de bioensayo en la determinación de la toxicidad de insecticidas en Sitophilus zeamais* Motschulsky. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de master en ciencias. Colegio de pograduados. Montexillo, Texcoco, Edo de México. 2015
- NNCO. (2006). *Environmental, Health, and Safety Research Needs for Engineered Nanoscale Materials, The National Nanotechnology Initiative, National Nanotechnology Coordination Office*, Washington, September. Disponible en: http://www.nano.gov/NNI_EHS_research_needs.pdf
- Ochoa, J. A.; Pérez, A. L. J. y Navas, H. R. A. (2015). Insectos asociados a maíz (*Zea mays* L.) almacenado, en las comunidades San Francisco Iraheta y Potrerillos,

Municipio de Ilobasco, Cabañas y Los Laureles, Municipio de San Sebastián, San Vicente. Tesis Doctoral. Universidad de El Salvador.

- Ordish, G. (1976). *The constant pest: a short history of pests and their control*. London: Davies.
- Panagiotakopulu, E.; Buckland, P. C. y Day, P. M. (1995). Natural insecticides and insect repellents in antiquity: A review of the evidence. *J. Archaeol. Sci.* 22: 705-710
- Parr, V. C. L.; Bugusu, B. y Yada, R. Y. (2010). *A brief overview of science and technology in food and food products at the nanoscale level*. Disponible en: <http://www.foodsciencecentral.com/fsc/ixid15901>
- Paull, J. y Lyons, K. (2008a). The Farm as Organism: The Foundational Idea of Organic Agriculture Look to the land. *J. Biodyn. Tasmania* 83: 14-18.
- Paull, J. y Lyons, K. (2008b). Nanotechnology: the next challenge for organics. *J. Org. Syst.* 3(1): 3-22
- Perez de Luque, A. y Rubiales, D. (2009). Nanotechnology for parasitic plant control. *Pest. Manag. Sci.* 65: 540-545.
- Pérez, F.; Silva, G. y Tapia, R. (2007). Variación anual de las propiedades insecticidas de *Peumus boldus* sobre *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 42: 633
- Pérez, J.C.; Oriela, P.; Ramírez, S. y Suris, M. (2012). Evaluación de productos naturales para el control de *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) sobre garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en condiciones de laboratorio. *Rev. Protección Vegetal.* 27(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-522012000100005
- Procopio, S.; Vendramim, J.; Ribeiro, J.; Santos, J. (2003). Bioactividade de diversos pós de origen vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Ciência Agrotecnica*, 27:1231-1236.

- Puterka, G. J.; Glenn, D. M.; Sekutowski, D. G.; Unruh, T. R. y Jones, S. K. (2000). Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. *Environ. Entomol.* 29: 329-339.
- Rodríguez, Y. L. (2016). *Efectividad de la marmolina como plaguicida mineral, en la protección de semillas almacenadas para la siembra*. Tesis en opción al grado académico de máster en ciencias agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Sancti Spiritus.
- Rudall, K. M. (1963). The chitin/protein complexes of insect cuticles. *Adv. Insect Physiol.*, 1: 257- 313.
- Secoy, D. M. y Smith, A. E. (1983). Lineage of lime sulfur as an insecticide and fungicide. *B. Entomol. Soc. Am.* 29: 18-23.
- Silva, G.; González, P.; Hepp, R.; Casals P. y Bustos, T. (2004). Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes. *Agrociencia*, 38 (5): 529-536. Disponible en: <http://ww.redalyc.org/revista.oa?id=302>
- Silva, G.; Lagunes, A.; Rodríguez, J. y Rodríguez, D. (2003). Evaluación de polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria*, 30: 153-160.
- Silva, G.; Orrego, O.; Hepp, R. y Tapia, M. (2005). Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. *Rev: Pesq. Agropec. Bras.*, 40 (1): 11-17.
- Solano, R.; Arrieta, M.; Chávez, V.; Atencio, R.; González, E. y Rodríguez, D. (2015). Síntesis y caracterización de zeolitas y desaluminadas para la reacción de alquilación de benceno con dodeceno. *Ciencia*, 22.
- Stadler, T.; Buteler, M. y Weaver, D. K. (2010). Nanoinsecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 69 (3-4): 149-156.

- Subramanyam, B. y Roesli, R. (2000). *Inert dusts*. En: Subramanyam, B. & D.W. Hagstrum (eds.), *Alternatives to pesticides in stored-product IMP*. Boston, Massachussets: Kluwer Academic Publishers, pp. 321-379
- Tavares, M. (2002). *Bioatividade da erva-de-santa-maria, Chenopodium ambrosioides L. (Chenopodiaceae), em relação a Sitophilus zeamais (Col.: Curculionidae)*. Tese (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 59p.
- Villalba, D. A.; Bustillo, A. E. y Cháves, B. (2006). Eficacia de insecticidas para el control de la broca en relación con el desarrollo de los frutos de café. *Revista Cenicafé*, en prensa.
- Wigglesworth, V. B. (1944). Action of inert dusts on insects. *Nature*, 153: 493-494.
- Wille, A. y Fuentes, G. (1975). Efecto de la ceniza del Volcán: Irazú (Costa Rica) en algunos insectos. Entomología, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*
- Zacher, F. y Kunike, G. (1931). Untersuchungen über die insektizidewirkung von oxyden und karbonaten. *Abh. Biol. Reichsanstalt Land-Forstwirtschaft (Berlin-Dahlem)*, 18: 201-231.