



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



TRABAJO DE DIPLOMA

Título:

Efectividad del polvo de mármol blanco en el control de *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) en frijol almacenado.

Autor: Cesar Antonio Acosta Cordero.

Sancti Spiritus, 2016.



TRABAJO DE DIPLOMA



Título:

Efectividad del polvo de mármol blanco en el control de *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) en frijol almacenado.

Autor: Cesar Antonio Acosta Cordero

Tutores: M.Sc. Ing. Yandy Rodríguez Ledesma

Dra. Ing. Claribel Suárez Pérez

Sancti Spíritus, 2016.

AGRADECIMIENTOS

A la Revolución cubana por haberme dado la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Agrónoma

Al mis tutores M.Sc. Yandy Rodríguez Ledesma y Dra. Claribel Suárez Pérez por su ayuda y valiosa conducción en el transcurso de la investigación, sin la cual no habría sido posible la realización de este trabajo.

Al colectivo de profesores, quienes con amor y dedicación contribuyeron a nuestra formación como futuros profesionales.

A todas las personas e instituciones que de una forma u otra colaboraron en la realización de este trabajo, en especial a mis amigos.

Dedicatoria:

A nuestro Comandante Fidel Castro Ruz por predicar con su ejemplo y ser digno exponente de todos los valores que pueden enaltecer al ser humano.

A todos mis familiares en especial a mis padres:(Tomás y Ania), y a mi hermano:(Luis Ernesto) a mi cuñada (Jeidy), que con su amor y esfuerzo incondicional fueron los que me apoyaron en todos estos años.

A todos mis compañeros y amigos

Síntesis

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 mármol aplicado sobre semillas de frijol, para la protección contra *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) durante el período de almacenamiento. Para dar cumplimiento al objetivo. Se evaluó el efecto antiinsecto, mortalidad, se determinó el porcentaje de pérdida de peso del grano y se evaluó la influencia del polvo de mármol blanco en la germinación de las semillas para conocer su influencia en esta. Durante el experimento se utilizó un diseño experimental bloque completamente al azar. Los tratamientos se evaluaron en dosis de 0,36 g; 0,51 g; 1,44 g y un testigo (sin polvo) con dos réplicas cada uno. Según los resultados obtenidos el polvo de piedra mármol blanco posee en su composición química insecticidas minerales y compuestos que causan muerte por desecación. Los mejores resultados del efecto antiinsectos obtuvieron con una dosis 1,44 g produciéndose a los 6 días un 100% de mortalidad de *A. obtectus*. Al aumentar la dosis de marmolina utilizada se obtuvo un menor valor de pérdida de peso de la semilla. La marmolina aplicada a las semillas para la protección contra insectos en almacenes no afectó la germinación al ser tratadas por un período de 10 meses.

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. The objective was to value the marble powder effectiveness on bean seeds to protect them against *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) during the storage period. In order to fulfill the objective, the marble powder was characterized while its chemical composition, the insecticide effect was valued, the grain's weight loss percentage was determined and the marble powder influence over seed germination was valued. During the experiment, an experimental design was used at random. The treatments were valued using 0.36g; 0.51g and 1.44g quantities and witness (without powder) with two replicas each one. According to results, the white marble powder's chemical composition has got mineral insecticide that cause death by desiccation. The best insecticide results were obtained using a 1.44 g dose which caused a 100 percentage death rate in *A. obtectus* after six days. While increasing the marble powder dose, the seed's weight loss decreased. The marble powder applied to seeds as an insecticide in store houses did not affect germination in a ten months period.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema Científico.....	2
Hipótesis.....	2
Objetivo General.....	2
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Introducción necesaria al tema.....	3
1.2. Reseña sobre el uso de productos naturales en el control de plagas de almacenes.....	4
1.3. Tipos de daños en almacenes.....	8
1.4. Insecticidas inorgánicos. Polvos Inertes. Revisión del tema.....	8
1.5. Prácticas en la conservación de granos y semillas en Cuba.....	10
1.5.1. Zeolitas naturales.....	10
1.5.2. Producto Zeosem.....	11
1.6. Formas de almacenamiento de semillas.....	11
1.7. El cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) y la incidencia del Gorgojo del frijol (<i>Acanthoscelides obtectus</i> Saw.).....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1. Lugar del experimento.....	15
2.2. Procedimiento experimental.....	15
2.3. Obtención y caracterización del polvo de piedra mármol blanco.....	16
2.4. Evaluación del efecto antiinsecto del polvo inerte de piedra mármol blanco.....	16
2.5. Pérdida de peso de las semillas por la acción de los insectos.....	17
2.6. Prueba de germinación de las semillas tratadas con marmolina.....	18
2.7. Análisis estadístico.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
3.1. Caracterización de la marmolina.....	19
3.2. Evaluación del efecto antiinsecto del polvo inerte de mármol e influencia sobre la mortalidad de <i>Acanthoscelidades obctetus</i> (Saw.).....	21
3.3. Pérdida de peso de las semillas por la acción de los insectos.....	24
3.4. Prueba de Germinación.....	25
CONCLUSIONES.....	28
RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

INTRODUCCIÓN

Acanthoscelides obtectus (Saw.) es conocido vulgarmente como gorgojo, bruco del frijol o escarabajo de las semillas (Ramírez y Suris, 2015). El daño económico que ocasiona *A. obtectus* es importante porque los granos afectados pierden parcial o totalmente su valor comercial, se produce pérdida del peso, disminución de la capacidad germinativa y disminución de su valor nutritivo (Dell'Orto y Arias *et al.*, 1985). Por su frecuencia y daños se señaló a este insecto como la plaga más importante del frijol a escala mundial según Medina *et al.*, (2015).

El control de plagas de productos almacenados se realiza principalmente con insecticidas sintéticos. Sin embargo, su mal manejo ha provocado problemas como residuos en los alimentos, desequilibrio biológico, intoxicaciones y desarrollo de resistencia. Estos problemas han hecho que se incentive la búsqueda de métodos alternativos al control químico como son los productos naturales, entre los que destacan los insecticidas vegetales y los polvos inertes con los cuales en los últimos años se destacan trabajos con zeolitas (Pérez *et al.*, 2012), tierra diatomeas, (Fusé *et al.*, 2013), óxido de aluminio (Stadler, Buteler y Weaver, 2010), ceniza de volcán (Buteler *et al.*, 2011) entre otros con resultados positivos en la protección de granos y semillas en almacenes.

Aunado a lo anterior se reporta la mezcla de arena, ceniza de carbón vegetal y algunos otros materiales con los granos para evitar la reproducción de los insectos; al parecer, estos lesionan por fricción su cutícula haciendo que pierdan humedad y si el grano está completamente seco se deshidraten y mueran.

La producción de granos en la provincia de Sancti Spíritus (Cuba central) actualmente se ha manifestado de forma creciente en los últimos años con una tendencia hacia el incremento paulatino. El municipio de Yaguajay es productor de frijol a gran escala, solo en año 2015 produjo 55 000 t y el consumo anual del grano requiere de su almacenamiento un período en el cual la principal plaga que compromete su consumo y aprovechamiento es el gorgojo del frijol. 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. Por lo anteriormente planteado se plantea como:

Problema Científico

¿Qué efectividad podría tener el polvo de mármol blanco aplicado sobre semillas de frijol para la protección contra *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) durante el período de almacenamiento?

Hipótesis

Si se aplicara el polvo de mármol blanco sobre semillas de frijol entonces se podrían proteger contra la incidencia de *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) durante el período de almacenamiento.

Objetivo General

Determinar la efectividad del polvo de mármol blanco en el control de *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) cuando se almacenan semillas de frijol.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Introducción necesaria al tema

El almacenamiento de granos y otros rubros derivados de la producción agraria, sean importados o de producción nacional, constituye una actividad muy especializada, que según Rodríguez (2015) requiere tecnologías apropiadas y personal calificado, debido a los disímiles aspectos que se deben considerar para garantizar que dichos productos se conserven con la calidad que se exige para su uso agrícola, industrial o consumo directo, entre ellos los relacionados con la prevención y control de organismos que se manifiestan como dañinos o perjudiciales, es decir, que puedan constituir plagas de almacén o contaminarlos, inhabilitándolos para el consumo humano o animal.

El crecimiento constante de la población es un factor responsable del aumento de la demanda de productos básicos como: maíz, soya, frijol, sorgo y arroz, lo cual ha obligado a buscar y desarrollar tecnologías para aumentar la conservación de los granos.

Ochoa *et al.*, (2015) plantean que como otros productos, los granos almacenados están expuestos al ataque de plagas, principalmente insectos, y roedores; según Herrera *et al.*, (2015) debido a factores como: la humedad, temperatura, disposición de alimento y ausencia de enemigos naturales, favorecen su adaptación y abundante proliferación, por lo que son organismos que tienen una alta tasa de reproducción y su presencia en el ámbito comercial se considera objetable debido a daños y mermas que producen, por tal motivo se han investigado y aplicado diversos métodos para su combate y control; sin embargo, son relativamente pocos los productos que pueden utilizarse con confianza para su control. Li *et al.*, (2015) plantearon que se trata en esencia de una gama limitada de insecticidas persistentes y fumigantes no persistentes, los cuales suelen presentarse de forma líquida y gaseosa.

1.2. 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 m), 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 (1975) refieren 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 del chicalote en el control de insectos en almacenes, planta identificada como tóxica por la presencia de dos alcaloides: berberina y proteopinalos que le conferían propiedades insecticidas.

Unos años después, Domínguez *et al.* (1998) 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 los autores 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

Sitophilus zeamais Motschulsky, en maíz almacenado obteniendo una mortalidad de 100% a una concentración del 1% (p/p).

Gonzalo *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 (TDs) (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, *Cersissilicu astrum* L., *Chenopodium ambrosioides* L., *Cotonasters ternianus*(Turrill), *Cyperus eragrostis* Lam. *Datura stramonium* L., *Daucus carota* L., *Erodiummos chatum* 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 pérsica* 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% demortalidad de insectos con los polvos de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol.

Bustoset *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.

Por su parte, González *et al.*, (2011) encontraron que *Lonchocarpus punctatus* Kunth, presenta una diversa 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 *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*.

Los estudios realizados por Fusé *et al.*, (2013) evaluaron la capacidad insecticida de Tierra diatomeas (TDs) provenientes de diferentes yacimientos argentinos sobre *T. castaneum*, *R. dominica* y *S. oryzae*, y compararon 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 (Pérez de Luque y Rubiales, 2009; Parr, Bugusu y Yada *et al.*, 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, 2008a). 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 (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 14m².g⁻¹ (Mimani y Patil, 2001), que forman agregados grandes. Desde el punto de vista químico, se trata de óxido de aluminio (Al₂O₃), una sustancia omnipresente en la naturaleza, que junto con la sílice es uno de los principales ingredientes de las arcillas (Hurlbut y Klein, 1985).

1.3. Tipos de daños en almacenes

En Cuba se han informado cincuenta y seis especies que dañan los alimentos almacenados. A los efectos prácticos estos insectos se dividen en plagas primarias y secundarias. Las primarias son aquellas que están dotadas de mandíbulas poderosas y son capaces de penetrar los granos con la cáscara sana. Las plagas secundarias llegan después y se alimentan y reproducen gracias a la actividad destructiva de las primeras según Fraga *et al.*, (2009).

Los daños que ocasionan las plagas a los granos almacenados se clasifican como directos e indirectos. Los *daños directos* son los causados por la actividad de alimentación, la contaminación con excremento, secreciones y fragmentos de plagas muertas; los *daños indirectos* se refieren al incremento de temperatura del grano, producto del metabolismo de las plagas y a la acción de hongos que afectan a los productos, cuyas esporas son diseminadas por el desplazamiento de las plagas.

Los campesinos han recurrido desde épocas inmemoriales al empleo de productos naturales para controlarlas; sin embargo, a través del tiempo la información se ha ido perdiendo y deformando, llegando en la actualidad a carecer mucha de ella de sustento científico. No obstante, hoy día se presentan aún algunas técnicas o prácticas tradicionales para conservar los granos almacenados (Golob y Webley, 1980), como por ejemplo, la exposición de los granos al sol para la eliminación de muchos tipos de insectos, ya que estos generalmente no toleran temperaturas superiores a 40 °C.

Con las acciones anteriores se disminuye la humedad excesiva del grano protegiéndolo del ataque de hongos. Así mismo, algunos otros acostumbran guardar la cosecha sin desprender las hojas del maíz, dado que estas le dan una cierta protección al ataque de insectos debido a que les impide llegar, posarse, copular, ovipositar y dañar al grano.

1.4. Insecticidas inorgánicos. Polvos Inertes. Revisión del tema

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, Buckland y Day, 1995).

Según Secoy y Smith (1983), 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, 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, Kitchener y Brisco(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, Kitchener y Briscoe, 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 (Alexander, Kitchener y Briscoe, 1944a, b; David y Gardiner, 1950).

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 $\geq 20 \text{ \AA}$ 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. El propio 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.)

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

1.5.1. Zeolitas naturales

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

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

1.5.2. 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 2 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.

1.6. Formas de almacenamiento de semillas

El principio de un buen almacenamiento y conservación de granos y semillas es el empleo de bodegas secas, limpias y libres de plagas; donde se almacenen granos o semillas secas, enteras, sanas y sin impurezas. Independientemente del tipo de almacén o de recipiente que se utilice, el producto almacenado debe mantenerse fresco, seco y protegido de insectos, pájaros, hongos y roedores (Sánchez *et al.*, 2015).

En Cuba, existen algunos de los métodos de almacenamiento, entre los de mayor uso se encuentran:

Los sacos que se hacen de yute, fibras plásticas. Son relativamente costosos, tienen poca duración, su manipulación es lenta y no proporcionan buena protección contra la humedad, insectos y roedores. Su rotura ocasiona pérdidas del producto almacenado y facilita la infestación por plagas.

El almacenamiento a granel es una práctica común. Este método tiene la ventaja que es mecanizable, aunado a que la manipulación de granos y semillas es rápida. Por el contrario, la posibilidad de ataque por roedores aumenta y hay poca protección contra la reinfestación.

El almacenamiento hermético consiste en almacenar el producto en recipientes que evitan la entrada de aire y humedad al producto. En estas condiciones, la respiración de la semilla y de los insectos (cuando los hay) agota el oxígeno existente, provocando la muerte de estos últimos y la reducción de la actividad de la semilla, por lo que el almacenamiento puede durar mucho tiempo sin que exista deterioro.

1.7. El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y la incidencia del Gorgojo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Saw.)

Nombre vulgar: Gorgojo del frijol.

Nombre científico: *Acanthoscelides obtectus* Saw. (1831).

Familia: *Bruchidae*.

El frijol es considerada la leguminosa para alimentación humana de mayor importancia a nivel mundial (Méndez *et al.*, 2011). Además, representa el 50% de las leguminosas de grano consumidas mundialmente.

Desde un punto de vista de la producción mundial, el frijol representa el 17.38%, 15.75%, 10.02%, 7.35% de Brasil, India, China y, México, respectivamente. Para la alimentación 40%, 31%, y 15% de la ingesta diaria de proteína total en algunos países en vías de desarrollo, tales como Burundi, Ruanda y Uganda,

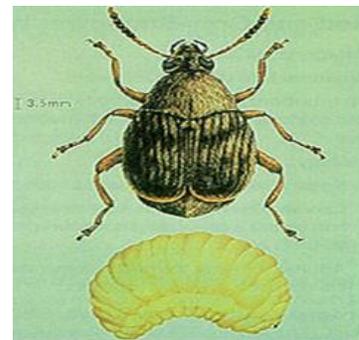
respectivamente. Incluso para uno de los principales productores como Brasil, el 9% de la proteína alimenticia proviene del frijol.

Debido, al limitado acceso a proteína de origen animal en los países en vías de desarrollo, se tiende a consumir frijol como una fuente de proteína. De ahí que el 1.11%, 1.60% y, 0.36% constituyan las áreas que se dedican a la plantación de este cultivo en Ecuador, Cuba y, Costa Rica, respectivamente (Proyecto genoma frijol, 2014).

En Cuba, el gobierno ha potenciado la siembra debido a los crecientes precios en el mercado internacional, además, existen condiciones edafoclimáticas que facilitan su cultivo (López *et al.*, 2014) es por ello que en la actualidad se planta aproximadamente más de 52 000 ha/año, ocupando los primeros lugares en el país en cuanto a áreas cultivadas las provincias de Matanzas, Pinar del Río, Holguín, Camagüey y Sancti Spíritus (Expósito *et al.*, 2011).

Las plagas que atacan al frijol almacenado pueden provocar pérdidas de hasta un 35 % a los productores que no cuentan con recursos económicos suficientes para almacenar su producción en condiciones apropiadas, para que esta no sea atacada por los gorgojos principalmente. Entre estos, los que atacan al frijol almacenado son principalmente el gorgojo pardo (*A. obtectus*) y el gorgojo pinto *Zabrotes subfasciatus* (Boheman), siendo el primero el que mayor incidencia (Ramírez y Suris, 2015).

- Los brúquidos tienen el hábito de alimentarse y desarrollar parte de su ciclo en el interior de las semillas de leguminosas, umbelíferas, convolvuláceas y otras.
- Los adultos son de forma rechoncha, cuerpo ancho y cubierto de pubescencia. Su tamaño varía desde 1 a 10 mm. de colores que van del negro al ocre o rojizo, con pequeñas marcas dorsales en el pronoto y en los élitros. Los élitros no cubren totalmente el abdomen.
- Cabeza bien destacada, antenas insertas cerca de los ojos, rectas y aserradas o pectinadas, de 11 segmentos. Pronoto triangular y más ancho que largo.



Gorgojo del frijol

- Fémures posteriores ensanchados y en ocasiones provistos de dientes, tarsos de 5 segmentos.

Según Florentino (2015), el adulto es de forma cónica, de color rojizo, con excepción del pronoto y los élitros que son marrón rosado. Mide de 3,3 a 4 mm de largo. Antenas cortas, con segmentos progresivamente ensanchados hacia la extremidad, débilmente dentados, de color negro, excepto del primero al cuarto y el oncono, que son testáceos. Patas enteramente testáceas (parecido al color caoba), tercer par con fémures provistos de un diente triangular fuerte, seguido de dos más pequeños en el margen interno.

Los huevos recién puestos son estrechos, lisos y blancos. Larvas blancas recién emergidas, peludas, con tres pares de patas cortas, las que pierden al penetrar en el interior de las semillas (Soto y Ovidio, 2014).

Hernández y Escalona (2014) plantean que la puesta de los huevos puede ser aislada o en paquetes de 2 a 30. En el campo la hembra se coloca a la altura de la sutura dorsal de la vaina, roe la vaina en el punto de contacto de las dos valvas y labra un agujero estrecho y profundo, luego deposita los huevos en paquetes de 2 a 30 y a veces más. La larva recién nacida penetra en el interior del grano, donde se alimenta, muda y se transforma en pupa, de igual forma que otros miembros de esta familia.

MATERIALES Y MÉTODOS

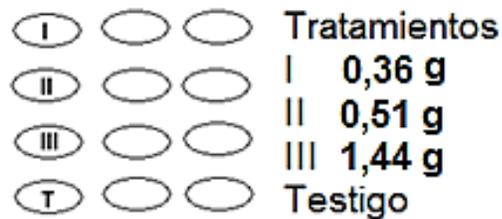
2.1. Lugar del experimento

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.

2.2. Procedimiento experimental

Diseño

Para el experimento se utilizó un diseño de bloque completamente al azar con 4 tratamientos y 3 dosis en un arreglo factorial de 4x3. Los tratamientos se evaluaron en dosis de 0,36 g; 0,51 g; 1,44 g y un testigo (sin polvo) con dos réplicas cada uno.



Los insectos se colectaron en el almacén municipal perteneciente al MINCIN. Para los experimentos se identificaron los sexos de los insectos en el 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, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y fotoperíodos de 12 horas de luz y 12 h de oscuridad, en frascos de plástico, de 285 g de capacidad, con ventanas de aireación en las tapas, acondicionadas con tapas plásticas que no permitieron el escape del insecto.

2.3. Obtención y caracterización del polvo de piedra mármol blanco

El polvo de piedra mármol blanco (marmolina) se obtuvo en Corta Bloques ubicado en el municipio Fomento y perteneciente a la empresa Mármol Centro (MC) de Villa Clara. La caracterización química del compuesto se realizó en la Empresa Geominera del Centro ubicada en la provincia de Villa Clara, Cuba mediante los métodos de caracterización para rocas (Tabla 1). El volumen de producción de marmolina de la empresa en ese municipio es de 14.56 m³ semanales aproximadamente.

Tabla 2.1. Métodos utilizados para la caracterización del polvo de piedra mármol blanco.

Método	Compuestos	Procedimiento
Tres ácidos (Cl ⁻ -F ⁻ - ClO ⁻)	Óxidos, Cu, Mg, Al, Fe, Ca, Mn, Ti, Sulfatos.	Fundición
Gelatina	SiO ₂	Disolución-secado
Método Sodio-Potasio	K, Na	Disolución

Fuente: Caracterización del polvo de piedra mármol blanco. (Laboratorio Empresa geominera del centro).

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

Debido a que no se encontraron antecedentes de investigaciones previas acerca del uso de la marmolina en la protección de semillas de frijol 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), la cual se realizó mezclando polvo a razón de 0,36 g; 0,51 g; 1,44 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 suinfestación con 75 insectos de *A. obctetus* (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 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).

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

Dónde:

% 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.

2.5. Pérdida de peso de las semillas por la acción de los insectos

El porcentaje de pérdida de peso (Pp): Fue cuantificado a los 60 días a partir de la infestación, contabilizándose el número de semillas sanas y dañadas. Para su estimación se utilizó la fórmula propuesta por Adams y Schulten (1976).

$$Pp = 100 \frac{Ngd}{Ntg} * C$$

Dónde:

P_p es la pérdida de peso (%)

N_{gd} es el número de granos dañados.

N_{tg} es el número total de granos.

C es 0,125, si la semilla es almacenada como grano suelto.

2.6. Prueba de germinación de las semillas tratadas con marmolina

Se realizó la prueba a los 10 meses de conservadas 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.

2.7. Análisis 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) se transformó a unidades probit.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de la marmolina

La marmolina es un polvo inerte de origen mineral y natural de color blanco, según la caracterización realizada al compuesto (Tabla 3.1). Posee una densidad de 2.77 kg/dm³ con un tamaño de partícula de 0-1200 μ (1.2 mm) y se obtiene tras el corte industrial de bloques de piedra mármol.

Tabla 3.1. Caracterización de la marmolina.

Propiedades Físicas			
Aspecto	Polvo	Tamaño	0 - 1200 μ
Color	Blanco	Densidad real	2,77 Kg/dm ³
Perdida a 500 ° C	0,20 %	Sulfatos	< 0,1 %
Seguridad e Higiene			
Reglamentación	No es nocivo.		

Fuente: Laboratorio Empresa geominera del centro.

La marmolina posee una variada composición química, y hasta el momento en nuestro país no se han realizado estudios relacionados con la aplicación de este polvo en la protección de granos y/o semillas, ni se ha realizado una caracterización química-física con el fin de otros usos agrícolas. Los resultados de su caracterización química se muestran en la Tabla 3.2, en comparación con las zeolitas.

Tabla 3.2. Composición química del polvo de mármol blanco y zeolita.

Polvo de mármol	Zeolita
SiO ₂	SiO ₂
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
MgO	K ₂ O
Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
CaO	MgO
Mg CO ₃	CaO
CaCO ₃	FeO
Sulfatos	-

Fuente: Caracterización del polvo de piedra mármol blanco.

Nota: No se detalla la composición cuantitativa debido a derecho patentado de autor.

La marmolina posee en su composición mineraloquímica compuestos conocidos como el CaCO₃ y el CaO los cuales son recomendados por CNSV

(2006), para el control de plagas debido a que son minerales para la lucha contra fases de insectos de cuerpo duro y blando como los huevos y las larvas, por su efecto de deshidratación. Puede ser muy útil también para suprimir microorganismos que están creciendo en determinados sitios de los almacenes.

Este polvo de mármol puede ser utilizado para controlar plagas de almacenes, a partir de los planteamientos realizados por Alexander, Kitchener y Briscoe (1944a), quienes señalan que los polvos inertes provocan la desecación de los insectos a través de 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.

Posee también compuestos de Al_2O_3 y SiO_2 considerados por Stadler, Buteler y Weaver (2010), como nanoinsecticidas y responsables de la actividad insecticida. Sin embargo, no hay trabajos relacionados y con la zeolita se conocen varios trabajos realizados en Cuba, en relación a la protección de granos como el dólico, soya, sorgo y maíz (Crespo, Febles y Aguiar, 1993; Silva *et al.*, 2004) con resultados positivos.

La marmolina es un polvo que se adhiere con facilidad a la cutícula del insecto por su tamaño de partícula lo cual lo convierte en un abrasivo ideal para controlar insectos en almacenes, este elemento coincide con lo publicado por McGonigle *et al.* (2002), quienes plantean que los agregados en polvo se adhieren firmemente a la superficie corporal y la capa de cera de la cutícula es absorbida (secuestrada) por polvos debido a su alta superficie específica $14m^2 \cdot g^{-1}$. 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 (Paull y Lyons, 2008b).

Actúa, en principio, a través de la absorción de las ceras cuticulares de los insectos un tiempo después del insecto haber estado en contacto con el mismo de ahí que se puede aplicar sobre superficies libres que caminan los insectos y por encima de los sacos en las estivas de almacenes. El modo en que actúa coincide con Carlton (1971), quien asegura que actúa sobre la base de carga electrostática de las partículas y fenómenos de triboelectrificación. Este fenómeno que conduce a la muerte del insecto por deshidratación coincide con el de otros autores Cook *et al.*

(2008) y Stadler, Buteler y Weaver (2010), que han estudiado polvos inertes similares al de esta investigación frente a insectos de almacenes.

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.

3.2. Evaluación del efecto antiinsecto del polvo inerte de mármol e influencia sobre la mortalidad de *Acanthocelidates obctetus* (Saw.)

Durante la evaluación del efecto antiinsecto de la marmolina (Tabla 3.3) sobre diferentes insectos, los mejores resultados del polvo en el control de insectos se obtuvieron entre las 96h y 120h con 1,44 g; 0,51 g; 0,44g. Lo que difiere en todos los casos a lo obtenido en el testigo donde la supervivencia de los insectos se mantuvo constante.

Tabla 3.3. Efecto antiinsecto de tres dosis de marmolina.

Dosis de marmolina	Número de insectos muertos en el tiempo						
	12 h	24 h	48h	72h	96h	120h	144h
0,36 g	0	3	12	38	66	72	75
0,51 g	0	0	12	29	60	67	75
1,44 g	10	2	10	26	63	74	75
Testigo	1	0	2	2	2	6	7 (+60d)

*(+60d) insectos vivos por más de 60 días.

La susceptibilidad de *A. obctetus* al polvo pudo haber sido causada por la exposición del cuerpo del insecto en contacto directo con la superficie tratada con las tres dosis en estudio. Se pudo comprobar que a mayor dosis utilizada menor espacio de tiempo en que se produjeron las muertes debido a la exposición según la dosificación utilizada.

Se pudo demostrar que existe una relación proporcional entre el efecto del polvo aplicado, el tiempo transcurrido desde su aplicación y los niveles de mortalidad.

Lo que indica que a medida que trascurren los días el polvo tiene mayor efecto sobre el insecto 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 (0,36 g; 0,51 g; 1,44 g) y el número de insectos muertos durante la evaluación de la mortalidad (Figura 3.1.)

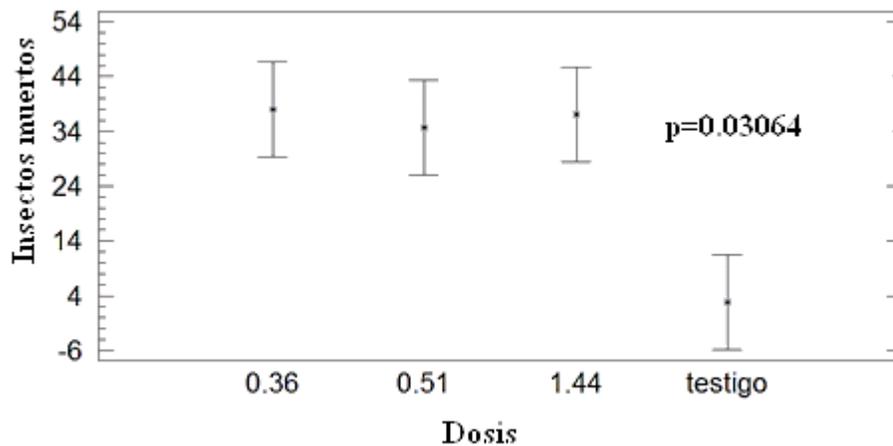
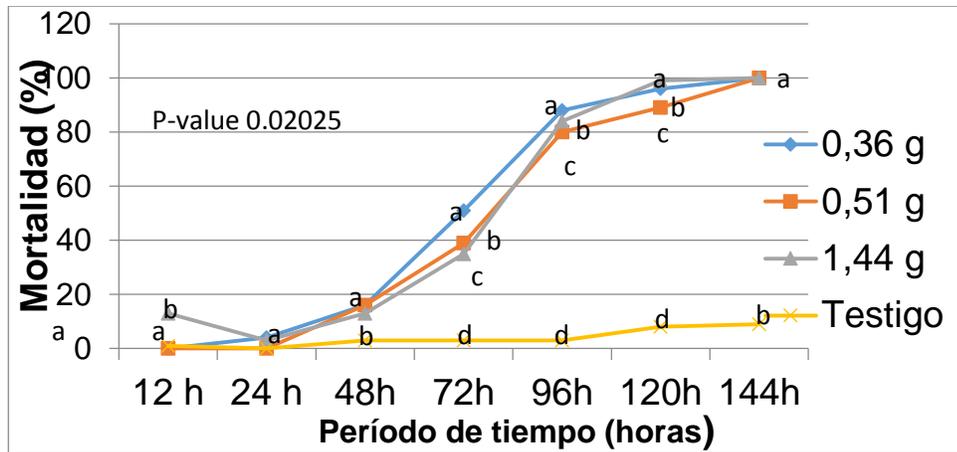


Figura 3.1. Análisis estadístico.

Debido a que el P-value es inferior a 0,05 (P-value 0.03064) el factor dosis tiene un efecto estadísticamente significativo sobre mortalidad para un nivel de confianza del 95,0%. Lo que significa que las dosis utilizadas en el estudio afectan significativamente a los insectos causándole efecto mortal.

Los resultados muestran valores de 100 % mortalidad para *A. obctetus* a los 6 días (Figura 3.2). Esto pudo ser posible porque el polvo inerte utilizado posee sílice y alúmina siendo más efectivo y que en su aplicación requiera dosis más bajas durante la aplicación.

Los resultados demuestran que con dosis bajas de marmolina se obtienen resultados satisfactorios en menor número de días, en relación a la tierra de diatomeas, ya que las concentraciones de Al_2O_3 y SiO_2 en el polvo son mayores que en la TDs.



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

Figura 3.2. Mortalidad de *A. obtectus* en el tiempo con tres dosis de polvo de piedra mármol.

Este porcentaje de mortalidad también supera en cuanto al periodo de tiempo los resultados obtenidos por Silva *et al.*, (2004), quienes obtuvieron con tierra de diatomeas en sus tres concentraciones (0.1%, 1%, 2%) 76.9%, 92.6% y 98.8% de mortalidad entre 21 y 28 días.

Supera otros resultados obtenidos por este mismo autor 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.

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

Los resultados de este trabajo coinciden en cuanto al número de días, con el obtenido por Fusé *et al.* (2013), quienes con tierra diatomeas (700 ppm) de Permaguard (Argentina) obtuvieron 83,34% de mortalidad de *S. orizae* a los 7 días y 100% de mortalidad de a los 15 días y difieren con este mismo autor en cuanto a las dosis utilizadas y los niveles de mortalidad siendo los resultados de esta investigación mejores, debido a que con una dosis menor se obtuvo un porcentaje de mortalidad mayor. Los resultados difieren debido a que la tierra diatomeas solo posee SiO₂ siendo menos efectiva y también que se requieran altas dosis durante la aplicación si se quieren lograr altos niveles de mortalidad en poco tiempo.

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 dosis de polvo zeolitas más altas que la utilizada en este estudio.

3.3. Pérdida de peso de las semillas por la acción de los insectos

El tratamiento con menor pérdida de peso (Pp) se obtuvo con una dosis de 1,44 g (Tabla 3.4) debido a que no se encontraron semillas afectadas por los insectos. Resultado que difiere significativamente con respecto al control donde la afectación a la semilla fue bastante intensa al obtenerse un 13,4% Pp.

Tabla. 3.4. Nivel de afectación a las semillas de *P. vulgaris* tratadas con polvo de piedra mármol para el control de *A. obtectus*.

Dosis	Semillas	Número de Insectos Utilizados	Muestra (g)	Número de semillas afectadas	Total de semillas sanas	Porcentaje de pérdida de peso (Pp)
0,36 g	<i>P. vulgaris</i>	75	105g	88	225	4,89
0,51 g	<i>P. vulgaris</i>	75	105g	112	313	4,47
1,44 g	<i>P. vulgaris</i>	75	105 g	0	315	0
Testigo	<i>P. vulgaris</i>	75	105 g	162	151	13,41

Según los resultados obtenidos con una dosis de 0,36g se obtuvo un resultado de 4,89 % Pp debido a que *A. obtectus* afectó 88 semillas de frijol. Sin embargo, con 0,51g se obtuvo un valor de 4,47 % Pp al encontrarse 112 semillas afectadas en los experimentos.

A pesar de la diferencia en los valores obtenidos con las tres dosis aplicadas a las semillas, todos los valores estuvieron por encima de los registrados en el testigo. Lo que arroja como resultado que entre mayor es la dosis utilizada de marmolina el valor del nivel de afectación a la semillas es más cercano a cero. Aunque se pudo comprobar que la superficie del grano incide en la adherencia del polvo y por consiguiente en el hábito alimentario, hay que destacar que la cantidad de polvo utilizado determina el hábito alimentario del insecto y su posterior comportamiento para que desarrolle este con mayor o menor grado.

Este resultado es superior al publicado por Pérez *et al.*, (2012), quienes obtuvieron 2.34 % de valor Pp a una concentración de 1% (p/p).

Supera los resultados de Silva *et al.*, (2004), quienes reportan con tierra diatomeas valores de 4.2%, 3.3% y, 3.1% de Pp en sus tres concentraciones (0.1%, 1%, 2%). Los resultados difieren con estos autores debido a la diferencia de concentraciones utilizadas y a la composición química de los polvos utilizados.

Este hecho es importante si se tiene en cuenta que entre menos afectación tengan las semillas, menos pérdidas de peso se obtendrá y por consiguiente mejores efectos económicos.

3.4. 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-1.26264) lo que demuestra que el factor tratamiento no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la germinación para un nivel de confianza del 95,0%, lo que significa que ninguna de las dosis utilizadas en el estudio afecta la germinación (Tabla 3.5).

Tabla. 3.5. Germinación en semillas tratadas con tres dosis marmolina como polvo inerte.

Dosis	Semillas	Muestra	Germinación (promedio)
0,36 g	<i>P. vulgaris</i>	105 g	89,07 a
0,51 g	<i>P. vulgaris</i>	105 g	87,46 a
1,44 g	<i>P. vulgaris</i>	105 g	86,94 a
Testigo	<i>P. vulgaris</i>	105 g	87,78 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 la semilla evaluada y expuesta al polvo. Los valores obtenidos para todos los tratamientos están cercanos a 90% de germinación, lo que demuestra que el polvo utilizado no presentó ningún inhibidor en la germinación de las semillas al obtenerse valores aceptables, que según Silva *et al.*, (2004), son niveles muy próximos al exigido para la exportación de semillas. El testigo arrojó valores semejantes al evaluado en los tratamientos.

Esto pudo estar dado porque el polvo de mármol blanco posee Ca^{2+} el cual favorece la permeabilidad de la membrana permitiendo la entrada de agua al exponerse y con ello una suficiente imbibición de la semillas. 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 ayudan a la germinación

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, lo cual no permitió la comparación de los resultados.

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 contribuyetambién a reducir el empleo de insecticidas químicos, lo que es de especial importancia en el mercado de productos orgánicos.

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

- El polvo de mármol por sus características físico químicas afecta el comportamiento de *Acanthoscelides obtectus* (Saw.).
- Se considera efectiva la marmolina en sus tres dosis (0,36g; 0,51g; 1,44 g) para la protección de semillas contra *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) durante el periodo de conservación al causar una mortalidad de 100% a los 6 días.
- Al aumentar la dosis de marmolina utilizada se obtuvo un menor valor de pérdida de peso de la semilla.
- La marmolina aplicada a las semillas para la protección contra insectos en almacenes no afectó la germinación al ser tratadas por un período de 10 meses.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones que evalúen el efecto residual de la marmolina sobre la semilla.
- Evaluar la efectividad del polvo sobre otros insectos que afectan semillas almacenadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, J. M.; Schulten, G. G. M. (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.
- 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.
- 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

- Carlton, J. B. (1971). *The quantitative measurement of an electrostatic charge on a housefly by capacitor techniques*. Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station. 113pp
- Chapman, R. F. (1969). *The insect's 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.
- Cook, D. A.; Wakefield, M. E. y Bryning, G. P. (2008). The physical action of three diatomaceous earths against the cuticle of the flour mite *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae). *Pest Manag. Sci.*, 64: 141-146.
- Crespo, G.; Febles, G.; Aguiar, M. (1993). Efecto de la zeolita en el comportamiento de las semillas durante el almacenaje. I. Dólico (*Lablab purpureus*), soya (*Glycine max.*) y sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*). *Rev. Cub. Cienc. Agric.*, 27(2): 225-230.
- D'Aubeterre, R.; Principal, J.; Barrios, C.; Graterol, Z. (2012). Insectos plaga en vainas de *Acacia tortuosa* y *Prosopis juliflora* para consumo animal en las zonas semiáridas del estado Lara, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 30 (2):147-153.
- 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.
- Dell'Orto, H. y Arias, C. J. (1985). Insectos que dañan granos. Productos almacenados. Santiago de Chile. FAO, Serie: *Tecnología Poscosecha* 4: 46-49.
- Ebeling, W. (1961). Physicochemical mechanism for the removal of insect wax by means of finely divided powders. *Hilgardia*, 30: 531-564.
- Ebeling, W. (1971). Sorptive 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 sorptive dusts and other substances. *J. Econ. Ent.* 152: 190-212.
- Exposito, Aguilar-Méndez, San Martín-Martínez, M., Pajarito-Ravelero, A., & Mora-Escobedo, R. (2013). Propiedades físicas y químicas del grano de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioagro*, 25(3), 161-166.
- Florentino, A. N. A. (2015). *Evaluación de la resistencia de materiales genéticos al ataque de Zabrotes subfasciatus (Boheman) en frijol común (Phaseolus vulgaris L.) almacenado.*
- Fraga, N.; Aguiar, P.; Avilés, R.; Prats, A. P. y Fundora, Z. M. (2009). *Conservación de semillas por métodos artesanales.* Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Serie Agricultura Suburbana Primera edición, septiembre 2009.
- 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 perspectives for inert dust for control of stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 33: 69-79.
- Golob, P. y Webley D. J. (1980). *The use of plants and minerals as traditional protectants of stored products.* London: Tropical Products Institute. 31 p.
- 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 *Sitophilus zeamais*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45 (1).
- Gonzalo, S. 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.
- Hernández, D. y Escalona, B. (2014). Insectos plaga de alimentos almacenados y sus enemigos naturales en el estado Lara, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 48 (1).

- Herrera, R. V., Velázquez, E. P., & Morales, M. C. (2015). Comportamiento de *Z. subfasciatus* en semillas tratadas con polvos de especies botánicas. *Centro Agrícola*, 42(1), 79-84.
- Hurlbut, C. S. y Klein, C. (1985). *Manual of Mineralogy*. New York: John Wiley & Sons.
- 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.
- Li, C.; Jiang, Y.; Guo, W. y Chen, Q. (2015). Las características morfológicas de *Sancassania berleseii* (acari: astigmata: acaridae), un poco de productos almacenados en china. *Nutricion Hospitalaria*, 31(4): 1641-1646.
- McGonigle, D. F.; Jackson, Ch. W. y Davidson. J. L. (2002). Triboelectrification of houseflies (*Musca domestica*L.) walking on synthetic dielectric surfaces. *J. Electrostat.* 54: 167-177.
- Medina, S. D. J. M., Mora, M. L., Egado, M. R., Fernández, O. G., Fernandez, E. Q., Valdés, G. R., ... & Cárdenas, M. (2015). Nuevas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú", Santa Clara, Cuba. *Centro Agrícola*, 42(4), 89-91.
- Méndez, V. E., Bacon, C. M., Olson, M. B., Morris, K. S., & Shattuck, A. (2013). Conservación de agrobiodiversidad y medios de vida en cooperativas de café bajo sombra en Centroamérica. *Revista Ecosistemas*, 22(1), 16-24.
- Mimani, T. y Patil, K. C. (2001). Solution combustion synthesis of nanoscale oxides and their composites. *Mater. Phys. Mech.* 4: 134-137.
- 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

Máster en Ciencias. Colegio de pograduados. Montexillo, Texcoco, Edo de México.

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, Y. L., & Barrera, Y. P. (2014). Efecto De La Aplicación Del Bioestimulante Fitomas-E En Tres Etapas De Desarrollo Del Cultivo Del Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Desarrollo local sostenible*, (20).

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). DosBioactividade de diversos pós de origen vegetal emrelação 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.
- Ramírez, S. y Suris, M. (2015). Ciclo de vida de *Acanthoscelides obtectus* (Saw.) sobre frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de laboratorio. *Revista de Protección Vegetal*, 30(2), 158-160.
- Rodríguez, S. M. (2015). *Evaluación del efecto insecticida de Picrasmacrenata (Vell.) Engl.-Simaroubaceae-sobre coleópteros plaga de granos almacenados. Tesis Doctoral.* Facultad de Ciencias Naturales y Museo.
- Rudall, K. M. (1963). Thechitin/proteincomplexes of insectcuticles. *Adv. InsectPhysiol.*, 1: 257- 313.
- Sánchez, S. J.; Muro, P. G.; Flores, R. J. D.; Jurado, E. y Sáenz, M. J. (2015). Los bancos de semillas y su germinación en ambientes semiáridos. *Ciencia UANL*, 18 (73): 70-76.
- 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://www.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.

- Soto, P. y Ovidio, J. (2014). Evaluación de la resistencia de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Boheman).
- 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.
- Wigglesworth, V. B. (1944). Action of inert dusts on insects. *Nature*, 153: 493-494.
- Wille, A. F. G. (1975). Efecto de la ceniza del Volcán: Irazú (Costa Rica) en algunos insectos. Entomología, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. *Revista Biología Tropical*.
- Zacher, F. y Kunike, G. (1931). Untersuchungen über die insektizidwirkung von oxyden und karbonaten ..*Ab. Biol. Reichsanstalt Land-Forstwirtschaft (Berlin-Dahlem)*, 18: 201-231.