



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
CIENCIAS AGRARIAS

**POTENCIALIDADES DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DEL
POLVO DE *Artemisia absinthium* L, FAMILIA ASTERACEAE SOBRE
Sitophilus oryzae L. BAJO CONDICIONES *IN VITRO***

Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo

AUTOR: Carlos Rafael Sánchez Cabrera

TUTORES: MSc. Yhosvanni Pérez Rodríguez

Dr. C. Anay Cabrera Fernández

Año: 2020

PENSAMIENTO



“Sin una agricultura fuerte y eficiente que podemos desarrollar con los recursos de que disponemos, sin soñar con las grandes asignaciones de otros tiempos, no podemos aspirar a sostener y elevar la alimentación de la población, que tanto depende todavía de importar productos que pueden cultivarse en Cuba”.

RESUMEN

La investigación fue realizada en el laboratorio de biología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos. *Sitophilus oryzae* L. produce serios daños a los granos almacenados. La utilización de productos químicos en el control de esta plaga, han derivado en el surgimiento de resistencia, lo que impone la búsqueda de alternativas eficaces y menos tóxicas como los polvos de plantas; es por ello que el objetivo de la presente investigación se dirigió a evaluar las potencialidades de diferentes concentraciones del polvo de *Artemisia absinthium* L, familia Asteraceae sobre *Sitophilus oryzae* L. bajo condiciones *in vitro*. Se realizó un ensayo con diseño completamente aleatorizado con los siguientes tratamientos: 0 (control), 0,5; 1,0 y 1,5 % del polvo de las hojas de la especie botánica/peso semillas de maíz, con 15 repeticiones. En los ensayos se utilizaron adultos *S. oryzae* alimentados con maíz (*Zea mays*, L.) frascos de 0,12 L. Se determinó el porcentaje de mortalidad a los 15 días posteriores al tratamiento con los polvos y la pérdida de peso de los granos a los 55 días. Los datos se transformaron en 2*ASENO(RAIZ(G2) y se procesaron por medio de análisis de varianza. Las medias se compararon por el test de Tukey para $P < 0,05$. El polvo de *Artemisia absinthium* L. presentó un efecto insecticida del 57, 57 % al 1 % de concentración considerándose prometedora para las variables de mortalidad, repelencia y pérdida de peso, sin afectaciones a la germinación de las semillas.

Palabras claves

Gorgojo del arroz, polvo, insecticida.

ABSTRAC

The research was carried out in the biology laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Cienfuegos. *Sitophilus oryzae* L. causes serious damage to stored grains. The use of chemical products in the control of this pest has led to the emergence of resistance, which imposes the search for effective and less toxic alternatives such as plant powders; for this reason, the objective of the present investigation was aimed at evaluating the potentialities of different concentrations of the powder of *Artemisia absinthium* L, family Asteraceae on *Sitophilus oryzae* L. under in vitro conditions. A completely randomized design trial was performed with the following treatments: 0 (control), 0.5; 1.0 and 1.5% of the powder of the leaves of the botanical species / weight of corn seeds, with 15 repetitions. Adults using *S. oryzae* fed corn (*Zea mays*, L.) 0.12 L bottles were used. The percentage of mortality at 15 days after treatment with the powders and the weight loss of the grains were determined. at 55 days. The data were transformed into 2*ASENO(RAIZ(G2) and were processed by means of analysis of variance. The means were compared by the Tukey test for $P < 0.05$. *Artemisia absinthium* L powder presented an insecticidal effect of 57, 57% to 1% concentration, considering it promising for the variables of mortality, repellency and weight loss, without affecting the germination of the seeds.

Keywords

gorgojo del arroz, powder, insecticide.

ÍNDICE

CONTENIDOS	Pág
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1 Plagas de granos almacenados.....	5
1.1.2. Gorgojo del arroz (<i>Sitophilus oryzae</i> L.). Características generales	6
1.1.2.1 Características morfológicas.....	6
1.1.2.2 Ciclo de vida.....	7
1.1.2.3 Daños.....	8
1.2 Medios de control.....	8
1.3 Pérdidas pos cosecha de maíz por plagas entomológicas.....	11
1.4 Características botánicas de <i>Artemisia absinthium</i> L.....	12
1.4.1 Composición química.....	14
1.4.2 Efecto insecticida.....	16
1.5 Características botánicas de <i>Artemisia absinthium</i> L.....	17
CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1 Material biológico.....	19
2.2 Material vegetal.....	20
2.3 Efecto del polvo de la especie botánica sobre <i>S. oryzae</i> en semillas de maíz.....	21
2.4 Determinación del efecto que ejerce el polvo vegetal sobre la germinación de las semillas de maíz.....	24
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
3.1 Efecto in vitro que ejerce el polvo de <i>Artemisia absinthium</i> sobre el comportamiento de <i>Sitophilus oryzae</i>	26
3.1.1 Evaluación de la mortalidad de <i>S. oryzae</i> ante las diferentes concentraciones de polvo vegetal de <i>A. absinthium</i> en condiciones in vitro...	26
3.1.2 Evaluación de la pérdida de peso del grano de <i>Zea mays</i> ante las diferentes concentraciones de polvo vegetal de <i>A. absinthium</i> en condiciones in vitro.....	27
3.1.3 Evaluación de la repelencia que ejerce las diferentes concentraciones de polvo vegetal de <i>A. absinthium</i> sobre <i>S. oryzae</i> en condiciones in vitro.....	28
3.2 Efecto del polvo de <i>Artemisia absinthium</i> L, sobre la germinación de las semillas de <i>Zea mays</i> , en condiciones semicontroladas.....	28
CONCLUSIONES.....	30
RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA	

INTRODUCCIÓN

El Objetivo 2 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible se dirige a poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. Todos los países del mundo se han pronunciado por asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, así como mantener la diversidad genética de las semillas, las plantas cultivadas, entre otras cosas, mediante una buena gestión y diversificación de los bancos de semillas y plantas a nivel nacional, regional e internacional (Arias, Silva & Figueroa, 2017).

Constituyen los cereales una parte fundamental de la alimentación humana y animal dirigidos a mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible, según (Abebe, 2009) a nivel mundial se pierde el 30 % de las cosechas por causa de la plaga de los insectos. Esta situación es aún más compleja en los países en vías de desarrollo debido a que las pérdidas pueden alcanzar hasta un 50% (García-Lara, et al., 2004).

La presencia de plagas incide de forma directa sobre las condiciones de almacenaje de cereales, afectan el transporte y la conservación de los productos y alteran las condiciones de los mercados. Esta situación afecta casi la totalidad de los procesos involucrados en la cadenas productivas y compromete, de esta manera, la seguridad alimentaria (Malpica & Miranda, 2016).

Anualmente, una tercera parte de la producción de alimentos se ve destruida por plagas de cultivos y en productos poscosecha. Fuentes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura estiman que con las pérdidas globales de los granos durante el período de almacenamiento se pueden alimentar más de 130 millones de personas. A nivel mundial, las pérdidas en la etapa de poscosecha oscilan entre el 5 y el 30% del peso total de los granos; y dentro de este, entre el 5 y el 10% de estos daños son causados directamente por los insectos plagas (Casini & Santajuliana, 2014).

S. García-Lara, C. Espinosa Carrillo & D.J. Bergvinson, (2007) refieren que el maíz es un cereal afectado por varios factores en el almacenamiento, entre ellos enfermedades, insectos y roedores, que no solo perjudica al grano, sino que

minimiza su calidad y lo contamina. Aunque son muchos los insectos que atacan a la planta y al grano de maíz (*Zea mays* L.), realmente son pocos los que causan daños en la parte económica. Las pérdidas en el cultivo de maíz a nivel mundial debido a insectos son de un 12,4% en su lugar de almacenamiento.

En Cuba, la entomofauna asociada a almacenes de alimentos ha sido informada por varios investigadores, entre ellas, se destacan como coleópteros: *Sitophilus oryzae* (L), *Rhyzopertha dominica* (F), *Orizaephilus surinamensis* (L), *Tribolium castaneum* (Hbst), *Acantoscelides obtectus* (Say), *Lasioderma serricorne* (F), y lepidópteros como *Plodia interpunctella* Hubner, *Corcyra cephalonica* Stainton (Pérez, et al., 2011).

En nuestro país la necesidad de reducir las pérdidas económicas ocasionadas por los insectos plagas durante la poscosecha, sin el uso del bromuro de metilo, condujo al desarrollo de un trabajo científico por parte de varias instituciones. En el mismo se abordaron un conjunto de acciones que han conducido a la reducción de las pérdidas por plagas en el período de almacenamiento (CNSV, 2008) pero no tuvieron en cuenta los extractos de especies botánicas, productos eficaces en el control de insectos.

Una de las plagas más importantes por su gran capacidad destructiva (tanto el insecto adulto como las larvas) y amplia distribución mundial es el gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera; Curculionidae), considerado como la principal plaga entomológica para los cereales almacenados en países cálidos. *S. oryzae*, es una plaga primaria que reduce la cantidad, calidad, valor nutritivo y viabilidad de los granos, infesta granos de arroz, trigo y desde hace algunos años se manifiesta en diversos países donde causa pérdidas en el maíz almacenado (Padmasri, et al., 2017). Otros autores también se refieren a *S. oryzae* como la población de insectos más importante en maíz de los silos no tratados.

Crespón et al., (2015) realizaron estudios que reportan la incidencia de *S. oryzae* durante el 2012 en los silos metálicos refrigerados de Cienfuegos, al provocar afectaciones al maíz almacenado donde la infestación obstruyó el consumo; y Valdés et al., (2008) refieren en estudios realizados en la Provincia de Villa Clara, el

promedio de granos afectados por la intendencia de este insecto fue mayor en el maíz con 27,3 %, seguido de arroz y chícharo, que tuvieron más del 6 % de afectación.

Los métodos más utilizados son insecticidas de contacto como organofosforados o piretroides y fumigantes como bromuro de metilo o fosfuro de aluminio. Sin embargo, el uso de insecticidas de contacto presenta una serie de desventajas como riesgo de residuos tóxicos en el grano, intoxicación de usuarios y consumidores, contaminación del ambiente y desarrollo de resistencia (White & Leesch, 2000).

Los insecticidas de origen vegetal en la actualidad han cobrado gran auge debido a que son apropiados para la aplicación a pequeña escala, con vista a la protección de granos y productos almacenados del ataque de insectos plaga. Además pueden llegar a ser menos tóxicos que los insecticidas químicos y son fácilmente biodegradables (Isman & Machial, 2006) y (Reyes, 2006).

Varios investigadores como Rajendran & Sriranjini, (2008) plantearon que los extractos vegetales son principalmente de carácter preventivo, de bajo costo, seguros para los aplicadores, consumidores y el medio ambiente. Ellos se caracterizan por tener un efecto protector debido a la repelencia que generan al actuar como disuasivo de la ovoposición, alimentación o sustancia reguladora del crecimiento. Debido a su mecanismo de acción se han convertido en el punto de mira del mundo moderno al ser una herramienta útil para la lucha contra la contaminación en los sistemas ecológicos.

Especies del género *Artemisia* son tradicionalmente usadas como vermífugos según Niranjana Babu, (2010) y algunos de sus extractos y componentes como agentes nematocidas de plantas y animales (D'Addabbo, 2013). *Artemisia absinthium* L. (ajenjo) es una planta aromática y medicinal cuyos aceites son ricos en tuyoas y presentan efectos acaricidas (Chiasson, et al., 2001), insecticidas y fungicidas (Rodríguez, 2019).

El aceite esencial tiene actividad acaricida frente a la araña roja Chiasson, et al., 2001) e insecticida frente a gorgojos (Kordali, et al., 2006) y mosca común (Kaul, et

al., 1978). Además se ha utilizado como repelente de pulgas, moscas, mosquitos, polillas y garrapatas (Ertürk & Uslu, 2007).

Las constataciones empíricas exploratorias que incluyó la observación directa de las condiciones de almacenamiento del maíz por pequeños productores y entrevistas a varios de ellos; sumado a la experiencia del autor por provenir de familia campesina, permitió corroborar que la conservación de cosechas de este grano compromete su calidad para posterior utilización a partir del desconocimiento de efectos insecticida de especies botánicas en función del control de *Sitophilus oryzae* L.

Estas insuficiencias detectadas, en lo teórico y práctico, conducen al planteamiento del problema científico:

¿Cuáles serán las potencialidades de diferentes concentraciones del polvo de *Artemisia absinthium* L, familia Asteraceae sobre *Sitophilus oryzae* L. bajo condiciones *in vitro*?

Teniendo en cuenta esta consideración se trazó la siguiente hipótesis:

La evaluación de la efectividad *in vitro* del polvo vegetal de *Artemisia absinthium* L. sobre *Sitophilus oryzae* L permitirá que sea utilizado en el control de este insecto sin afectar la germinación de las semillas almacenadas de *Zea mays* L.

Para dar cumplimiento a esta hipótesis nos trazamos los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar las potencialidades de diferentes concentraciones del polvo de *Artemisia absinthium* L, familia Asteraceae sobre *Sitophilus oryzae* L. bajo condiciones *in vitro*.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto *in vitro* del polvo vegetal de *Artemisia absinthium* L. sobre el comportamiento de *S. oryzae*.
2. Determinar el efecto que ejerce el polvo de *Artemisia absinthium* L, sobre la germinación de las semillas de *Zea mays*, en condiciones semicontroladas.

CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Plagas de granos almacenados

A nivel mundial más de 250 especies de insectos están relacionadas con los granos almacenados y de estas unas 20 tienen importancia económica, encontrándose principalmente en los órdenes Coleóptera y Lepidóptera (Morales, 2011). Diversos estudios realizados en América Central muestran que el 70 % de los granos que se malogran en la etapa de almacenamiento se debe al ataque de cerca de 100 especies de insectos (Cuba, 2006; Heinrichs, 2007).

Los insectos que atacan los granos almacenados tienen características propias que les distinguen y diferencian de los que se encuentran afectando la mayor parte de los cultivos en el campo. Estos son pequeños, prefieren los sitios oscuros, capaces de esconderse en grietas muy reducidas y se caracterizan por su elevada capacidad de reproducción, lo que permite que pocos insectos formen una población considerable en muy poco tiempo. Por esta razón, una pequeña infestación inicial puede dañar dentro de pocos meses a una gran cantidad de granos almacenados (Pereira, 1993).

Gerding, (2007) refiere que en los países latinoamericanos las plagas más importantes son el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), el gorgojo del arroz (*S. oryzae*) y la polilla de los cereales (*Sitotroga cerealella* Olivier).

Rodríguez, (2019) plantea que de los 15 millones de organismos vivos (animales y vegetales), los insectos representan el 50 %. Actualmente se han registrado aproximadamente 250 especies de insectos plagas de granos almacenados, de las cuales 25 son de importancia por los daños que ocasionan (FAO, 2001). Las pérdidas debidas a estos daños oscilan entre 5 y 10 % en países desarrollados, mientras que en países en desarrollo esta cifra es aproximadamente del 50 %.

En la provincia de Las Tunas, Cuba Ávila, et al., (2016) identificaron 26 especies de insectos plaga, distribuidas en 19 géneros y 12 familias, pertenecientes a tres órdenes.

1.1.2. Gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae* L.). Características generales

El gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* L. pertenece al orden Coleóptera, familia Curculionidae, es un artrópodo que ha cobrado relevancia debido a su posibilidad de volar, lo que le permite mantener las fuentes de reinfestación en los lugares de almacenamiento; además de presentar gran capacidad destructiva.

S. oryzae se encuentra dentro del grupo de plagas más importantes de los granos almacenados y es considerado la plaga más importante de los cereales en zonas tropicales húmedas (FAO, 2013). Este insecto pertenece al orden Coleoptera, familia Curculionidae (Nicaragua, 2008), se considera una plaga primaria pues el adulto es capaz de dañar granos sanos y las larvas se alimentan en su interior. Al emerger, el adulto deja típicos orificios en los granos (Agüero, 2008). A nivel mundial, se le atribuye cerca del 34 % de las pérdidas de los productos que infesta (Oerke, 2006).

Este insecto es originario de la India, pero se ha difundido en todo el mundo. *S. oryzae* prefiere las regiones cálidas y húmedas, donde se reproduce continuamente, desarrollándose a temperaturas entre los 17° C y 34° C. Aunque es frecuente encontrarlo en países más fríos como Lituania, Rusia, Ucrania (Ostrauskas & Taluntyté, 2004).

1.1.2.1 Características morfológicas

Son insectos provistos de una trompa, en cuyo extremo se encuentran las partes bucales, con mandíbulas trituradoras. Los adultos, de color café rojizo, miden de 3 a 5 mm de longitud y poseen una capacidad de vuelo pequeña pero que constituye una característica que lo diferencia de *S. granarius*; los élitros poseen cuatro manchas amarillas. El protórax está densamente cubierto de depresiones circulares, ligeras y ovaladas. Su principal característica es que posee una cabeza prolongada que forma una trompa curvada, donde se insertan las piezas bucales. Las trompas de los machos son más cortas y ásperas que las de las hembras (Castillo, 2006, INTA., 2006).

1.1.2.2 Ciclo de vida

El desarrollo de este insecto está constituido de tres a cuatro instares, requiere un promedio de 18 días para el desarrollo. La fase del pupal requiere un promedio de 6 días (el rango 3 a 9) y en la transformación. El insecto adulto permanecerá dentro del grano durante 3 a 4 días hasta que se endurece y madura. Y su ciclo de vida puede ser en verano de solo 32 días. Este insecto puede vivir desde los 3 a 6 meses (Zaghlouls, et al., 2012).

El ciclo de vida de *S. oryzae* es regulado principalmente por la humedad y la temperatura. La influencia de estos factores se evidencian especialmente durante el desarrollo embrionario y larval (Artigas, 1994). Las hembras horadan el grano y depositan en cada diminuta perforación un huevecillo que posteriormente recubre con una secreción, por lo que su presencia pasa inadvertida (Valdés, 2007). Los huevos son blancos, ovalados, de una longitud que oscila entre 0,5 y 0,8 mm de largo. Cada hembra deposita aproximadamente 400 huevos que tardan entre cuatro a seis semanas en transformarse en adultos (Romero, 2000, Casini & Santajuliana., 2014, México, 2014). La larva es blanca, carente de patas, se alimenta del grano, pasa por cuatro estadios antes de llegar a proninfa dentro de la semilla y en su desenvolvimiento destruye totalmente el interior de la misma (PRODATA, 2006).

La fecundidad de las hembras alcanza su máximo nivel a los 24 °C, cuando el grano contiene un 14 % de humedad y en estas condiciones, la máxima fecundidad en las hembras, se observa en el intervalo de edad comprendido entre una y cuatro semanas (Stadler, 1988). El adulto vive de cuatro a cinco meses, aunque Reyes (2006) refiere que puede llegar a vivir hasta los 8 meses si las temperaturas disminuyen.

Este insecto puede volar y atacar los granos en el campo antes de cosecharlos o cuando éstos se encuentran almacenados. Sin embargo, algunos autores refieren que la hembra alcanza su máxima actividad de ovoposición después de la tercera semana de haber emergido (FAO, 1983).

1.1.2.3 Daños

Los adultos pueden atacar las semillas antes de ser cosechadas, transportarse a los lugares destinados para el almacenamiento y posteriormente producir importantes daños en el producto (Mazzuferi et al., 2000). Al ovopositar en las semillas almacenadas y desarrollarse las larvas dentro de éstas, merman su valor comercial por el mal olor y mal estado de la presentación del grano (Matamoros & Rugama, 2006).

Los adultos se alimentan principalmente en el endospermo, mientras que las larvas preferencialmente se alimentan en el germen del grano y le quitan un gran porcentaje de las proteínas y vitaminas (Belloa, Padina, Lastrab & Fabrizio, 2000). Las hembras mastican los granos e inserta su ovipositor dentro del agujero que realiza en el grano para poner sus huevos (Throne, 1994).

Cada larva destruye, durante su desarrollo, entre el 50 y 70% del endospermo de un grano de trigo. Al abrir el grano dejan el camino libre a bacterias, hongos y levaduras, microorganismos que se encuentran en el tracto digestivo de los insectos y en sus desechos fecales (Ritacco, 1988).

Gallo et al., (2002), refieren que al igual que *Sitophilus zeamais* Motschulsky, esta especie considerado como la plaga más destructiva en el cultivo de maíz y en granos de trigo. Aunque este gorgojo tiene una marcada preferencia por el trigo, mientras *S. zeamais* prefiere fuertemente maíz (Athié & Paula, 2002).

Autores como Pérez, Valdés & Castellanos (2018) plantearon que *Sitophilus oryzae* L. en los últimos años ha incrementado su preferencia a granos almacenados como el maíz. Los adultos se alimentan principalmente en el endospermo, mientras que las larvas preferencialmente se alimentan en el germen del grano y le quitan un gran porcentaje de las proteínas y vitaminas.

1.2 Medios de control

Según Mendoza (2012), en muchas ocasiones las fumigaciones se realizan en exceso de concentración y tiempo de aplicación, ya sea por desconocimiento o descuido durante la operación. A pesar de que las concentraciones de fumigantes no

tienen un efecto negativo en la calidad de la semilla y/o grano almacenado, como ser su contenido de humedad, porcentaje de vigor y porcentaje de germinación, si hay un impacto importante en los costos de producción, los cuales, se aumentan innecesariamente.

Durante las últimas décadas, las medidas de control sobre las plagas que atacan los granos almacenados están limitadas al empleo de productos químicos líquidos o gaseosos, que resultan nocivos para la salud de los organismos vivos y el ambiente (Isman & Machial, 2006). La aplicación de insecticidas incluye la utilización de compuestos químicos como los piretroides, los organofosforados y la fosfamina; los cuales son muy eficaces en varias condiciones (ATSDR, 2003). A pesar de esto, este control resulta ineficiente debido a que el gas resultante de la fumigación se escapa en gran parte; dejando además, mal sabor en los granos.

El uso indiscriminado de estas sustancias químicas ha propiciado el desarrollo de especies de insectos resistentes (Tyler et al., 1983). Aunque según Silva et al. (2003) las desventajas que presenta el uso de insecticidas órgano sintético en el control de plagas es cada día más evidente, ya que algunos son carcinogénicos, teratogénicos, producen esterilidad, dañan el sistema nervioso y afectan la salud de quienes los aplican o consumen alimentos con sus residuos. Además, las aplicaciones de insecticidas para el control de *S. oryzae* no han logrado la eficacia deseada dado que la larva se encuentra protegida en el interior del grano (Andrade, 2007).

Existen varias medidas físicas con el fin de disminuir, evitar o eliminar aquellos factores favorables para la reproducción y desarrollo de las plagas (Landaverde, 2003). Uno de los métodos físicos consiste en remover los granos al sol, lo que provoca la muerte de los insectos adultos a la vez que evita el desarrollo de hongos sobre las heces de estos insectos (Nicaragua, 2008). No obstante resulta muy trabajoso de realizar.

Araya (1993) refiere que a nivel de almacenes comerciales o industriales mantener los granos con temperaturas inferiores a 10 °C brinda un control eficaz de la plaga. También las condiciones de almacenamiento a bajas temperaturas reducen la reproducción de los insectos y las tasas de supervivencia. El control mediante

radiaciones ha sido utilizado de maneras muy diversas con la finalidad de evitar o reducir las infestaciones de insectos plaga de los granos almacenados. El empleo de estas radiaciones resulta exitoso cuando los productos son estables, tienen baja humedad relativa y toleran las dosis de radiaciones requeridas para lograr el propósito determinado.

Por otra parte Ritacco (1988) es del criterio de que en *S. oryzae* la aplicación de radiaciones ionizantes ha tenido como resultado el acortamiento del tiempo de vida y la incapacidad para reproducirse; a pesar de esto, los costos son elevados y varían según la dosis de aplicación, siendo bajos cuando el nivel de infestación es bajo.

Para el control de plagas existe también el control biológico, el cual fue definido en 1987 por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, como el uso de organismos naturales o modificados, genes o productos biológicos que reducen el efecto de organismos indeseables (plagas) y favorece a organismos útiles como cultivos, árboles, animales e insectos benéficos y microorganismos. En los últimos años se han comenzado a utilizar medios de control biológicos como la aplicación de *Beauveria bassiana* Vuill. y residuos de plantas que presentan olores fuertes y penetrantes, estos son producto de bajo costo sin residualidad tóxica sobre los granos (Rodríguez & López, 2001; CENTA, 2005).

Existen distintos organismos biológicos que pueden ser utilizados en control biológico de *S. oryzae*, algunos ejemplos de estos son:

Parasitoides: Uno de los enemigos naturales del gorgojo es una avispa perteneciente a la familia Pteromalidae, *Avisopteronalus* sp. Este himenóptero parasita a especies del género *Sitophilus* que comúnmente se encuentran en los granos almacenados. La hembra de la especie selecciona un grano que contenga una larva o pupa del gorgojo en su interior, inserta su ovopositor a través del grano y pica internamente la larva (Artigas, 1994). Cuando estas ovopositan en el huésped, eventualmente se desarrolla internamente una avispa adulta (García et al., 2007). Reduce notablemente la capacidad de multiplicación y el daño que provoca *S. oryzae* (Casini & Santajuliana, 2005).

Depredadores: Entre los depredadores naturales se citan generalmente diez especies de microhimenópteros. Los más comúnmente encontrados en productos almacenados son los himenópteros de la familia Anthocoridae y específicamente *Xylocoris flavipe* Reuter. Tanto las ninfas como los adultos del insecto depredador se alimentan al succionar los jugos de los insectos. Por lo general atacan huevos de insectos y larvas. Se encuentran comúnmente en las instalaciones de almacenamiento de grano y su presencia suele indicar una infestación de plagas establecidas (Rodríguez & Arredondo, 2007).

Plantas: Autores como Arias, et al., (2017) refieren que tanto el polvo y aceite esencial de frutos de *Schinus molle* presentan efecto insecticida de contacto junto con actividad antialimentaria y repelente sobre adultos del género *Sitophilus*.

En Cuba, se destaca la riqueza de su flora, que tiene más de seis mil especies y aún se desconocen sus potencialidades (Pérez, et al., 2019). De ellas *Pimenta dioica* (L.) Merrill (Myrtaceae), especie botánica frecuente en el Caribe (principalmente en Cuba y Jamaica) Syn. *Eugenia pimenta* DC.; *Myrtus dioica* L.; *Myrtus pimenta* L.; *Pimenta officinalis* Lindley se conoce como Pimienta o Pimienta dulce, esta especie crece en ejemplares aislados a ciertas alturas, siendo más abundante en las provincias orientales.

Esta especie botánica ha mostrado tener propiedades en el control de plagas, *P. dioica* han sido investigada sobre *Callosobruchus maculatus* F. (Tenne & Karunaratne, 2017).

Polvos vegetales: Los compuestos naturales, en general, tienen un efecto protector debido principalmente a la repelencia; además, afecta la alimentación, ovoposición y el crecimiento de los insectos. El uso más sencillo de estos compuestos en la protección de granos almacenados es mediante los polvos vegetales (Coats, 1994, Sampietro, 2003).

1.3 Pérdidas pos cosecha de maíz por plagas entomológicas

La mayor parte del deterioro de los granos almacenados está dado por la acción de los insectos plagas. Las afectaciones consisten en: pérdida de peso, del valor comercial, reducción de los índices de germinación y aumento de la temperatura por

la densidad de población (lo que produce humedad en el grano y la infestación por hongos). Las pérdidas ocasionadas son alrededor de un 10 % de la cosecha, llegando al 30 % en áreas tropicales y subtropicales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2005).

Fuentes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura estiman que con las pérdidas globales de los granos durante el período post-cosecha se pueden alimentar más de 130 millones de personas (Cuba, 2006); por lo que la conservación y protección del producto constituye una necesidad social y económica (FAO, 2003).

Para los agricultores de subsistencia el problema del deterioro y las pérdidas de las cosechas tienen gran importancia porque su producción forma parte de los alimentos básicos que consumen. La parte no consumida la comercializan para adquirir otros productos que les son indispensables para su vida cotidiana (Machado, 2014).

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

1.4 Características botánicas de *Artemisia absinthium* L.

Artemisia absinthium, denominada comúnmente ajenojo, es una planta vivaz de cepa leñosa. Cada año produce desde su base ramas rectas, de 0.50 a 1.20 m de altura, que se secan en otoño tras la fructificación. Las partes basales de estas ramas permanecen durante el invierno y en la estación siguiente se producen nuevas ramas a partir de sus yemas. Toda la planta tiene una coloración blanquecina, debido a su abundancia de pelos que cubren prácticamente toda la superficie de tallo y hojas.

Especies del género *Artemisia* son tradicionalmente usadas como vermífugos (Ramasubramaniraja y Niranjan Babu 2010) y algunos de sus extractos y componentes como agentes nematocidas de plantas y animales (D'Addabbo et al. 2013).

Artemisia absinthium L. (ajenjo) es una planta aromática y medicinal cuyos aceites son ricos en tujonas y presentan efectos acaricidas (Chiasson et al. 2001), insecticidas y fungicidas (Rodríguez, 2019).

El área de distribución del ajenjo abarca desde Asia Central hasta Europa Occidental, con algunas localidades en el Norte de África. Dado que ha sido una planta muy cultivada por su carácter aromático, su área de distribución original es difícil de definir y diversos autores plantean la posibilidad de que se trate de un elemento naturalizado de antiguos cultivos en una buena parte de su área de distribución actual, al menos en el continente europeo. Es posible que su presencia en algunas localidades peninsulares se deba también a naturalizaciones de antiguos cultivos. (Navarro, Murillo & González – Coloma, 2017)

Estos mismos autores ubican sus mayores cultivos en países como los Estados Unidos, la antigua URSS y Francia. La planta se recolecta cuando está en plena floración, entre julio y agosto. El primer año la recolección es escasa, pero en los años sucesivos es posible hacer dos recolecciones, en julio y a finales de octubre, si las condiciones meteorológicas lo permiten. En muchos lugares se recogen poblaciones silvestres de esta planta, obteniéndose así un producto heterogéneo en calidad y rendimiento. También se han desarrollado métodos de micropropagación de ajenjo para producir plantas con el fin de obtener metabolitos secundarios.

Artemisia absinthium L. se puede encontrar de forma silvestre en los campos, en patios y parcelas de campesinos que la cultivan para fines medicinales y religiosos. Conocida desde muy antiguo ya por los egipcios, transmitida después a los griegos, esta hierba ha sido denominada la "madre de todas las hierbas" en la obra "Tesoro de los pobres" dadas sus múltiples aplicaciones curativas como tónico, febrífugo y antihelmíntico (Bailén, 2008).

Desde la antigüedad el ajenjo se ha utilizado contra parásitos intestinales, de donde deriva su nombre en inglés "wormwood". El extracto de las hojas de *A. absinthium* presenta actividad antimalárica, así como dos homoditerpeno peróxidos que se han aislado de esta planta (Silva, 2013).

1.4.1 Composición química

De entre los numerosos compuestos que se han identificado en el ajeno, se centrará la atención en los grupos de compuestos más ampliamente estudiados y con un mayor significado quimitaxonómico: las lactonas sesquiterpénicas y los compuestos terpénicos que forman el aceite esencial.

Artemisia absinthium se caracteriza por la presencia de lignanos tipo sesamina que representan un grupo de fenilpropano dímeros que contienen dos anillos tetrahidrofuránicos unidos. La acumulación de lignanos tetrahidrofuránicos, así como la presencia de polycetilenos en plantas del grupo de *Artemisia absinthium* resulta tener una considerable relevancia sistemática. Además estos lignanos poseen ciertas propiedades insecticidas y medicinales.

Seaman (1982) y Hegnauer (1992) coinciden en plantear que las Lactonas sesquiterpénicas forman un grupo muy numeroso de compuestos, con más de 1400 estructuras diferentes. Las lactonas sesquiterpénicas son muy características de la familia de las Asteráceas, donde se encuentran cerca del 90% de las estructuras conocidas. Fuera de esta familia también se han aislado en algunos géneros de Apiáceas, Magnoliáceas y Lauráceas, e incluso en hongos.

A nivel genérico, las lactonas sesquiterpénicas han podido correlacionarse en algunos casos con patrones de distribución geográfica o con aspectos evolutivos de la biología floral en *Artemisia*, pudiendo observarse la existencia de una cierta variabilidad química entre poblaciones diferentes.

Además de su utilidad quimitaxonómica, muchas lactonas sesquiterpénicas tienen actividad biológica que las hacen interesantes para otros fines. Las principales lactonas sesquiterpénicas aisladas de *Artemisia* tienen la estructura básica de guaiano, eudesmano y germacrano.

Las más importantes son las de estructura guaianolida, sobre todo la absintina, que es la principal responsable del carácter amargo de esta planta. Este compuesto y su isómero isoabsintina tienen estructura de lactona sesquiterpénica dimérica, y ambas en medio ácido se transforman en anbsintina e isoanabsintina respectivamente. Se

han propuesto diversas estructuras para estos compuestos, aunque hasta los años 80 no se han confirmado con estudios de resonancia magnética nuclear.

Las plantas aromáticas tienen estructuras celulares específicas donde se sintetiza y acumula el aceite esencial, entendiéndose como tal al conjunto de sustancias volátiles que pueden extraerse de una planta por destilación. El aceite esencial suele consistir en una mezcla, más o menos compleja, de compuestos terpénicos, compuestos fenólicos de bajo peso molecular y compuestos que contienen nitrógeno o azufre. Todos estos compuestos están muy ampliamente distribuidos entre las plantas vasculares y se sintetizan durante el desarrollo normal de la planta, siendo la composición química del aceite generalmente característica de cada especie (Granados, Otto & Chan – Bacab, 2016).

Silva, (2013) reconoce que el interés del aceite esencial radica en la actividad de sus componentes, ya sea por su carácter aromático, por su toxicidad, como por su funcionalidad fisiológica. Los componentes mayoritarios del aceite esencial de las especies de *Artemisia* son fundamentalmente terpénicos, pertenecientes a diversos tipos estructurales, monoterpenos (hidrocarburos, alcoholes, cetonas, ésteres, aldehídos, óxidos) y sesquiterpenos (hidrocarburos, óxidos y alcoholes). El rendimiento del aceite esencial se encuentra entre el 0,2-0,6 % sobre el peso fresco del material vegetal, siendo la β -tuyona, uno de los compuestos con más relevancia, que puede aparecer en concentraciones superiores al 30 %.

A pesar de que tradicionalmente se había descrito la β -tuyona como compuesto mayoritario del aceite esencial de ajeno, han sido muchos autores los que a lo largo de los años han descrito plantas con bajo contenido en tuyonas o incluso sin ellas, describiéndose diferentes quimiotipos que contienen como compuesto mayoritario acetato de *cis*-crisantenilo, *cis*-crisantenol, *cis*-epoxiocimeno, acetato de sabinilo o acetato de bornilo.

Otros compuestos terpénicos abundantes descritos en el aceite esencial son alcanfor y 1,8 cineol, siendo también frecuentes aunque en cantidades menores otro mono y sesquiterpenos como linalol, borneol, camazuleno, selineno, elemol, espatulenol. La concentración de sesquiterpenos identificados en *A. absinthium* no suele superar el

10% del aceite esencial, siendo los más frecuentes el β -cariofileno, el germacreno D, el óxido de cariofileno y el α -bisabolol. Otra familia de compuestos identificados en el aceite esencial de numerosas especies son los bencenoides derivados del ácido cinámico en la ruta del siquimato.

Así mismo, en varias especies del género *Artemisia* se han identificado pequeñas concentraciones de algunos compuestos de esta familia como eugenol, metil eugenol, elemicina y cinamato de etilo y metilo (Navarro, Febles & Herrera, 2015)

1.4.2 Efecto insecticida

Gracias a la necesidad de disponer de nuevos compuestos para el uso de insecticidas botánicos ha surgido una etapa de investigaciones dirigidas a resolver los problemas de contaminación ambiental, efectos perjudiciales sobre organismos benéficos y la aparición de insectos resistentes (Trinidad & Gaona, 2011).

Algunas especies botánicas, debido a su actividad orgánica, se han aprovechado para su aplicación como insecticidas botánicos (fitoinsecticidas) pues presentan metabolitos secundarios que pueden actuar como inhibidores de la alimentación de los insectos, de la síntesis de quitina; aunque también pueden afectar el crecimiento, desarrollo, reproducción y el comportamiento de estos organismos (Guisaza, 2001).

En los últimos años las potencialidades del reino vegetal se han explotado muy someramente como fuente de nuevos insecticidas, se someten a estudio algunos polvos de origen vegetal, que se pueden utilizar satisfactoriamente para el control de plagas durante el período de almacenamiento (Silva et al., 2003). Sin embargo, existe un grupo numeroso de plantas que no han sido estudiadas aún con estos fines (González et al., 2011).

El uso de polvos vegetales es una técnica recuperada de la agricultura de subsistencia (Lagunes y Rodríguez, 1989). Las plantas que tradicionalmente se han utilizado en graneros rústicos para evitar el daño del grano por insectos son: cebolla (*Allium cepa* L.), ajo (*Allium sativum* L.), neem (*Azadirachta indica* A.J. USS), ají o chile (*Capsicum spp* L.), cedro (*Cedrela spp* P.B. ROWNE), colorín (*Erythrina americana* MILL.), eucalipto (*Eucalyptus globulus* L. ABILL.), paraíso (*Melia azedarach* L.), menta (*Mentha spicata* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), hierba

santa (*Piper auritum* K UNTH), homeoquelite (*Piper sanctum* (Miq.), saúco (*Sambucus mexicana* L.), jaboncillo (*Sapindus spp* L.) y ramatinaja (*Trichilia havanensis* J ACQ) (Rodríguez, 2000).

La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal, exhiben un efecto insectistático más que insecticida (Silva, 2002). Sin embargo, no se puede olvidar que algunas sustancias vegetales si provocan un efecto insecticida como sucede con las piretrinas, la nicotina o la rotenona. Según Coats (1994), los compuestos naturales tienen efecto de repelencia, disuasivo de la alimentación u ovoposición y regulador de crecimiento. Además, presentan efecto confusor o disruptor. Por lo tanto, debemos considerar todos los compuestos que sabemos que su efecto es insectistático como preventivos más que como curativos (Rodríguez, 1993).

1.5 Características botánicas de *Artemisia absinthium* L.

La clasificación sistemática es la siguiente:

Orden: Asterales, Lindley, 1833

Familia: Asteráceas, Dumortier, 1822

Subfamilia: Asteroideas

Tribu: Anthemidae

Género: *Artemisia*, Linnaeus, 1753

Especie: *Artemisia absinthium* L.

Para la puesta en cultivo del ajeno es necesario disponer de material vegetal seleccionado no solamente por su adaptabilidad al cultivo, sino por su composición química. Su multiplicación puede realizarse por esquejes o semilla en laboratorio se obtiene un porcentaje de germinación mayor del 90%. La plantación en terreno de asiento debe efectuarse con planta obtenida en vivero-semillero. Entra en producción en el primer año de su plantación. Soporta bien las heladas del invierno y para obtener un buen rendimiento productivo precisa zonas altas con pluviometría

superior a los 400-450 mm anuales. Su cultivo puede ser ampliamente mecanizado. Las partes utilizadas son hojas y sumidades floridas (Silva, 2013).



Planta perenne de hasta 1 m de altura, muy ramificada, tallos erectos, con ramas herbáceas, flexibles de olor muy fuerte, característico y agradable, toda la planta está cubierta de una pubescencia fina de color verde grisácea. Hojas alternas, trilobuladas las inferiores y bilobuladas las superiores; las inferiores son más grandes que las superiores, foliolos lanceolados; aromáticas, con haz verde grisáceo y envés gris blanquecino. Flores amarillas agrupadas en panículas terminales, de numerosas cabezuelas globosas pendulares. Fruto tipo aquenio. (Fonnegra & Botero, 2006)

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada durante los meses comprendidos entre enero de 2019 a enero de 2020 y ejecutada en el laboratorio de biología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos.

2.1 Material biológico

Inicialmente se tomaron 30 parejas de insectos adultos de la especie *Sitophilus oryzae* L., procedentes de una cría sucesiva obtenida por el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos. Los insectos fueron colocados dentro de dos frascos de cristal de 5 L de capacidad, provistos de una malla 60 mesh para proveer el intercambio gaseoso y evitar, a la vez, el escape de los mismos, siguiendo lo recomendado por Valdés (2012).

Esta cría se mantuvo a lo largo del tiempo para realizar los ensayos. Se les suministraron semillas de maíz (*Z. mays*) var TGH con vistas a lograr la reproducción y multiplicación de los insectos a través de la metodología propuesta por Singh & Saini (1979), para lo cual, las semillas adicionales fueron seleccionadas preliminarmente (de esa manera se eliminaron las semillas dañadas) y sometidas a un período de aislamiento durante 30 días, lo que evitó el uso de granos infestados por insectos u hongos.

Cada tres meses se introdujeron 10 parejas de insectos adultos, nacidos de nuevas crías logradas en laboratorio, procedentes de progenitores colectados en silos infestados por *S. oryzae*, con vista a conservar la heterocigosis. Para ello, insectos colectados, después de ser identificados, fueron situados por parejas, dentro de tubos de ensayo con diez semillas de maíz, por un período de 20 días. Transcurrido ese lapso, las semillas se colocaron en placas de Petri (9 cm de Ø). Al emerger los adultos de la nueva generación, estos fueron introducidos dentro de frascos de cristal junto a los emergidos de las crías sucesivas en laboratorio.

El montaje de ensayos con insectos se realizó con individuos adultos tomados, de manera aleatoria, de una muestra de la población insectil existente en el laboratorio. La cantidad de insectos utilizados varió según los requisitos y necesidades de cada ensayo.

La identificación de hembras y machos se realizó a través del dimorfismo sexual de la especie. En cada caso, se utilizaron insectos de 10 días de emergidos, según lo recomendado por (Rodríguez & López, 2001).

2.2 Material vegetal

La especie seleccionada para realizar la colecta del material vegetal pertenece a la familia Asteraceae. Esta familia fue escogida por agrupar árboles y arbustos ricos en aceites esenciales que han sido tradicionalmente utilizados por productores de la provincia de Cienfuegos como alternativas ecológicas en el control de insectos plagas.

La especie botánica *Artemisia absinthium* se encuentra disponible en la Región Central. A la vez, ha sido identificada por Jardín botánico de Cienfuegos, localizado en la ciudad del mismo nombre, para lo cual fueron tomados como referencia los ejemplares depositados en el herbario del propio jardín, identificados con la ayuda de los descriptores botánicos, datos de registros históricos y el número de colección correspondiente.

Los órganos selectos en la colecta fueron hojas adultas, se colectaron directamente de las planta, en el horario de 9:00 a 11:00 de la mañana, y se verificó que fueran hojas adultas sin daño visible cosechadas durante el mes de marzo a junio. Se recolectaron a partir del segundo par de hojas cercanas al tallo, a una altura de 2 m del suelo, siguiendo el criterio de recolección descrito por Vogel et al. (1997) que consiste en escoger hojas al azar, en distintas posiciones alrededor del tallo, considerando los puntos cardinales.

El material vegetal seleccionado de las especies mencionadas fue colocado en bolsas de nylon y llevado al Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Agrarias, donde fue lavado con abundante agua corriente hasta eliminar las impurezas externas visibles y luego enjuagado con agua destilada. Inmediatamente, se realizó el secado del material en una estufa marca Boxun a 40 °C, para lo que se tomó el peso de las muestras, cada dos días, hasta mantener el peso constante.

Esterilización del material y desinfección de las hojas de las diferentes especies botánicas

Los frascos de 0,12 L utilizados en los experimentos, se esterilizaron en autoclave a 120 °C y 1,5 atm de presión por 30 minutos. Una vez autoclaveado, cada material se secó (45 °C durante 24 horas) en una estufa marca Boxun a 40 °C para luego ser empleado en el ensayo respectivo.

La especie botánica fue molida por separado en un molino C&N Junior de procedencia alemana. Durante este proceso se obtuvieron partículas menores de 1 mm, siguiendo lo recomendado por Ramírez (2005). Los polvos obtenidos en el proceso se almacenaron en frascos de cristal de 250 ml de capacidad, un frasco por especie botánica. Posteriormente, cada recipiente fue etiquetado, enumerado, sellado y colocado en un lugar fresco y seco, bajo condiciones de oscuridad y baja humedad, hasta el momento de su uso.

Como sustrato se utilizó *Z. mays* var TGH por la preferencia de *S. oryzae* por el mismo, y el tamaño que posee la semilla de este grano, lo cual facilita la diferenciación entre los granos dañados por insectos y los no dañados.

2.3. Efecto del polvo de la especie botánica sobre *S. oryzae* en semillas de maíz

Para determinar el comportamiento de la especie insectil ante las mezclas de semillas con polvos de la especie botánica y conocer el efecto que ejercen los polvos sobre los insectos se realizó bioensayos en los cuales se utilizaron placas de frascos de 0,12 L previamente rotuladas. Posteriormente, a cada frasco les fueron agregados 10 g de semillas (seleccionadas previamente para evitar semillas dañadas) y una proporción de polvo obtenido del molinado de una especie botánica. Consecutivamente, fue infestada con 10 ejemplares de *S. oryzae* de, antes de ser cerrada y asegurada en su contorno con papel PARAFILM "M" (Chicago, IL). Seguidamente, las mismas se colocaron bajo condiciones de completa oscuridad.

Comparación del porcentaje de mortalidad de los insectos

Se realizó un ensayo bajo un diseño completamente aleatorizado con los tratamientos conformados por tres proporciones de polvo vegetal (0,5 %, 1,0 % y 1,5 %) por cada gramo de semilla (m/m) y un tratamiento control.

Los polvos vegetales se aplicaron en cada frasco de 0,12L. Los que conformaron unidades experimentales (réplicas). El ensayo tuvo 5 repeticiones por tratamiento.

Se midieron las siguientes variables: Porcentaje de mortalidad (a los 15 días de aplicados los polvos vegetales), pérdida del peso en las semillas almacenadas con polvos (a los 55 días de aplicados los polvos) y repelencia.

La valoración del porcentaje de mortalidad se obtuvo con la ayuda de la fórmula propuesta por Abbott (1925).

$$\text{Mortalidad corregida} = \frac{\text{Mortalidad del tratamiento} - \text{Mortalidad en el testigo}}{100 - \text{Mortalidad del testigo}} \times 100$$

Al estimar el porcentaje de pérdida de peso se utilizó la fórmula propuesta por Adams y Schulten (1976). La estimación fue calculada, a los 55 días después de iniciado el ensayo, aunque no consideró la pérdida de humedad como acción del tratamiento.

$$Pp = \left[\frac{Ngd}{ng} \times 100 \right] \times C \quad (2)$$

Dónde:

Pp – Porcentaje de pérdida de peso

Ngd – Número de granos dañados

Ng – Número de granos

C = 0,125 (valor constante si el maíz es almacenado como grano)

Para la determinación de los porcentajes de la mortalidad y pérdida de peso en granos tratados se transformaron los datos mediante la fórmula $2^*ASENO(RAIZ(G2))$, posteriormente se realizó un análisis de Anova mediante el paquete estadístico SPSS versión 21 para Windows. Los datos fueron sometidos a la comprobación de

los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas según la prueba de Shapiro-Wilk. Para determinar las diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey.

Determinación del índice de repelencia

La determinación del efecto de repelencia de los polvos sobre el gorgojo fue evaluada para las proporciones granos – polvos antes mencionados. Para ello se valoraron los cuatros tratamientos (concentraciones de 0,5 %, 1,0 % y 1,5 % m/m) y el tratamiento control.

En el bioensayo se utilizó un diseño de arena formada por cinco cajas plásticas circulares de (\varnothing 11,0 cm, h= 6,0 cm). La caja central se conectó con las demás mediante tubos plásticos de 10 cm de longitud dispuestos diagonalmente. En cada ensayo las placas con las concentraciones de polvos vegetales y el tratamiento control, sin polvo vegetal, se distribuyeron en dos cajas simétricamente opuestas conectadas al recipiente central donde se liberaron 50 adultos de *Sitophilus oryzae* L.

Pasada 24 horas se contabilizó el número de insectos en cada recipiente y con el uso de la fórmula y escala descrita por Mazzonetto (2002) fue determinado el índice de repelencia. Luego de 24 h se contabilizó el número de individuos alejados del centro de la placa. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Se utilizó la ecuación del índice de repelencia:

$$\text{Índice de repelencia} = \frac{2G}{G + P}$$

G – porcentaje de insectos en el tratamiento

P – porcentaje de insectos en el tratamiento control

(IR=1) Neutro

(IR>1) Atrayente

(IR<1) Repelente

Siguiendo la metodología propuesta por Tavares (2002) se dispuso de cinco repeticiones en el experimento.

2.4 Determinación del efecto que ejerce el polvo vegetal sobre la germinación de las semillas de maíz

Se realizó un experimento para la prueba de germinación de semillas de maíz tratadas con polvos vegetales y aceites esenciales de las especies que resultaron promisorias en cuanto a la mortalidad.

a) Prueba de germinación en condiciones *in vitro*

Para el bioensayo se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos, incluyendo el tratamiento control absoluto. Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento I: las semillas fueron tratadas con polvo vegetal de *A. absinthium* al 0,5 % (m/m)

Tratamiento II: el tratamiento a las semillas fue polvo vegetal de *A. absinthium* al 1,0 % (m/m)

Tratamiento III: las semillas se trataron con polvo vegetal de *A. absinthium* al 1,5% (m/m)

Tratamiento IV: fueron semillas sin tratar con productos (control absoluto)

Cada tratamiento contó de cuatro repeticiones, las que se correspondieron con las unidades experimentales formadas por placas de Petri. En cada placa de Ø 13,7 cm, h= 1,8 cm se procedió a realizar una aplicación de 2 ml de agua destilada, conformando una cámara húmeda con un papel de filtro cualitativo (Bringht, China), previamente esterilizado. Posteriormente, en el interior de las placas se ubicaron 25 semillas sobre el papel de filtro humedecido y luego asegurando el espacio adecuado, se pusieron a germinar en condiciones de iluminación natural difusa. La cámara de germinación funcionó bajo condiciones controladas de temperatura 20 °C y Humedad Relativa 95 % y se reguló la iluminación artificial.

Solo fueron consideradas como germinadas aquellas semillas cuyas radículas alcanzaron una longitud superior a 0,5 mm, y las plántulas estuvieron libres de manchas necróticas o con síntomas de necrosis muy incipientes. El número de semillas germinadas se evaluó a los 3, 5 y 7 días.

Los datos para el primer conteo de esta prueba se analizaron por separado, ya que estos valores representan la velocidad de germinación de la semilla que se utiliza como índice de vigor (Craviotto & Arango, 2012).

El procesamiento de los datos para analizar el índice de repelencia y la germinación de las semillas se realizó mediante el programa de Microsoft Excel Professional Plus 2010, para Windows Seven ultimate.



CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto *in vitro* que ejerce el polvo de *Artemisia absinthium* sobre el comportamiento de *S. oryzae*

En el presente capítulo se exponen los resultados del efecto de diferentes concentraciones del polvo de *Artemisia absinthium* sobre el comportamiento de *S. oryzae* en cuanto a: mortalidad, repelencia, pérdida de peso de las semillas de *Z. mays* y la germinación de semillas en condiciones semicontroladas.

3.1.1 Evaluación de la mortalidad de *S. oryzae* ante las diferentes concentraciones de polvo vegetal de *A. absinthium* en condiciones *in vitro*

El polvo de *A. absinthium* a partir de la concentración 1% provocó una mortalidad de insectos superior al 57, 57 %. Dicho resultado concuerda con el criterio señalado por Lagunes (1994), que califica como prometedor al polvo vegetal que supere el 50% de mortalidad, a la concentración del 1%.

Se comprobó la efectividad de este mismo polvo a una concentración del 1,5 % obteniéndose un valor de mortalidad de 63,63 % y al 0,5% se obtuvo un 38,38 % de mortalidad (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto del polvo vegetal de *A. absinthium*, a diferentes concentraciones, sobre la mortalidad de *S. oryzae* en condiciones *in vitro*

Tratamientos	Insectos muertos	Datos Transformados
Tratamiento 0,5%	39	1,347 ^b
Tratamiento 1%	58	1,7358 ^a
Tratamiento 1,5%	64	1,8652 ^a
Control	1	0,0902 ^c

Medias con letras iguales en la columna difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

La tabla 1 muestra que los tratamientos aplicados difieren del de control de forma significativa, sin embargo los aplicados al 1 y al 1,5 % no mostraron diferencias significativas entre ellos.

3.1.2 Evaluación de la pérdida de peso del grano de *Z. mays* ante las diferentes concentraciones de polvo vegetal de *A. absinthium* en condiciones *in vitro*

En la tabla 2 se observó que la pérdida de peso de las semillas fue de 5,13 % a una concentración del 1% de polvo vegetal. Con las concentraciones al 0,5 % y 1,5 % del polvo de *A. absinthium* sobre *S. oryzae* se logró una pérdida de peso de 8,04 % y 3,91 %. Los tratamientos aplicados difieren del de control de forma significativa, sin embargo los aplicados al 1 y 1,5 % no mostraron diferencias significativas entre ellos.

Tabla 2. Efecto del polvo vegetal de *A. absinthium*, a diferentes concentraciones, sobre la pérdida de peso del grano de *Zea mays* en condiciones *in vitro*

Tratamientos	Pérdida de peso	Datos Transformados
Tratamiento 0,5%	8,04	1,8626 ^b
Tratamiento 1%	5,13	1,3899 ^a
Tratamiento 1,5%	3,9	1,1879 ^a
Control	12,09	2,8755 ^c

Medias con letras iguales en la columna difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Estos resultados superan los planteados por FAO (2005) que reporta que pueden existir pérdidas de hasta el 20 % de los granos almacenados, a su vez INTA (2007) refiere que en maíz estas pérdidas pueden ser del 9 %, pero estos daños están en dependencia del número de insectos que se encuentren en los granos.

3.1.3 Evaluación de la repelencia que ejerce las diferentes concentraciones de polvo vegetal de *A. absinthium* sobre *S. oryzae* en condiciones *in vitro*

Los resultados obtenidos indican que el polvo vegetal evaluado tuvo buen efecto repelente (figura 1). *A. absinthium* al 1 % presentó un IR = 0,04, mientras que al 0,5 % y al 1,5 % se obtuvo valores de 0,09 y 0,02 respectivamente. La figura muestra que no se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos al 1 % y al 1,5 % y a su vez todos mostraron diferencias significativas con el tratamiento control.

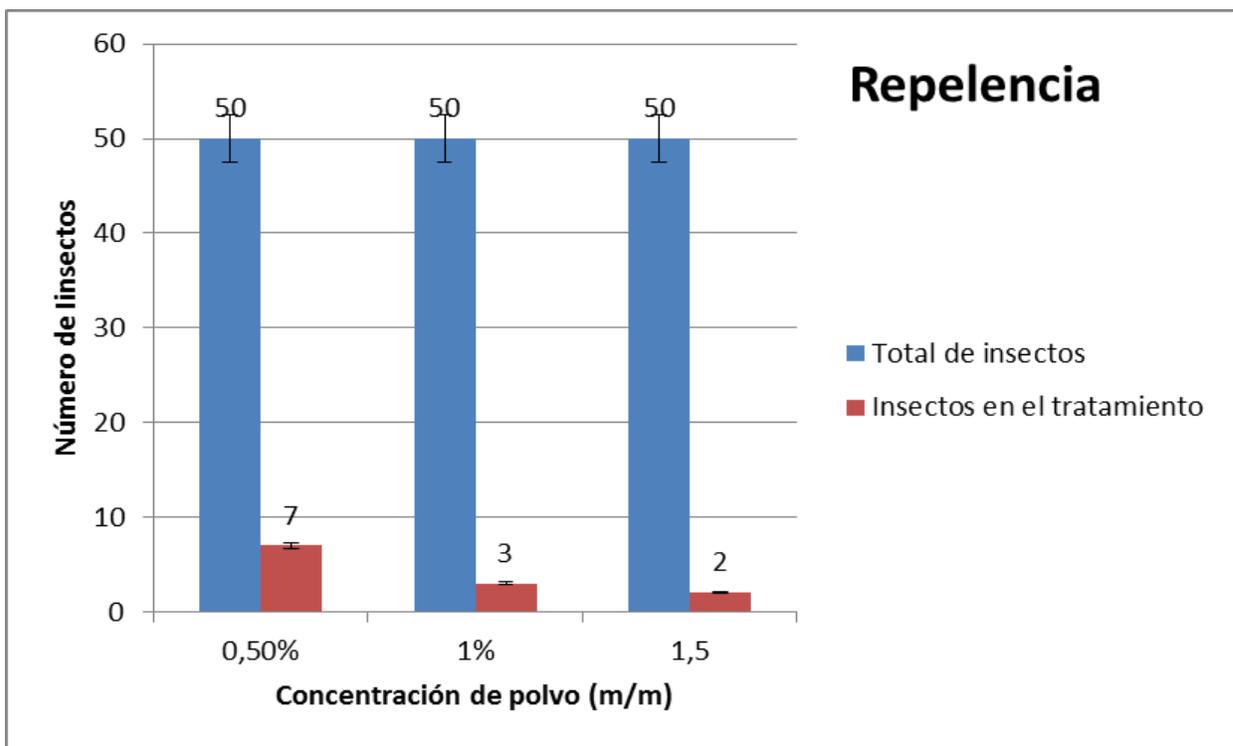


Figura 1. Efecto del polvo vegetal de *A. absinthium*, a diferentes concentraciones, como repelente sobre *S. oryzae* en condiciones *in vitro*

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sighamony et al., (1984), quienes concluyen que a la concentración más alta evaluada se tiene un mayor efecto repelente que a su concentración más baja, a su vez Nerio (2010) afirma que a mayor concentración de polvo se obtiene un incremento del efecto repelente de los mismos.

3.2 Efecto del polvo de *Artemisia absinthium* L, sobre la germinación de las semillas de *Zea mays*, en condiciones semicontroladas

Se realizó la prueba de germinación para descartar posible efectos negativos del polvo de *A. absinthium* en las semillas de *Zea mays*. El gráfico 2 muestra que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos y el tratamiento control, representando la ausencia de algún efecto negativo para la germinación de las semillas de *Zea mays*

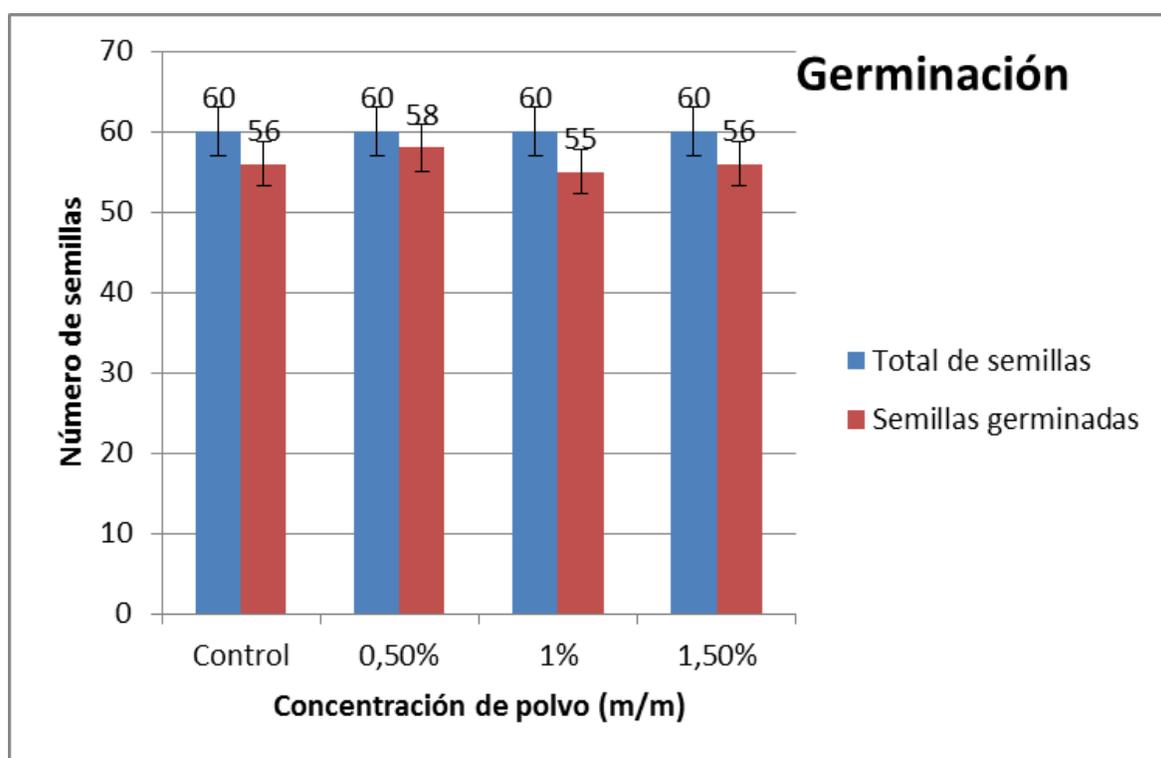


Figura 2. Efecto del polvo de *Artemisia absinthium* L, sobre la germinación de las semillas de *Zea mays*, en condiciones semicontroladas

En este sentido se coincide con investigaciones realizada por Ahmed y Ahamad (1992) que concluyen que las especies vegetales, aparte de no afectar la germinación, no presentan toxicidad para mamíferos y pueden, por lo tanto, ser incorporadas en forma segura para la protección prolongada contra insectos de granos almacenados en concentraciones de hasta 3%.

Así mismo estos resultados resultan satisfactorios según lo planteado por Silva et al., (2003) donde afirma que cuando se trabaja para agricultores de subsistencia, que utilizan la misma semilla durante varias temporadas, el polvo de *A. absinthium* no afecta el porcentaje de germinación de las semillas en forma significativa ya que niveles de germinación del orden del 70% son normales en la agricultura poco tecnificada.



CONCLUSIONES

- Al analizar el efecto del polvo de *Artemisia absinthium* L. sobre *Sitophilus oryzae* L, se determinó que para las tres variables analizadas, el tratamiento mostró un efecto insecticida en las concentraciones de polvo estudiadas.
- El polvo vegetal de *Artemisia absinthium* L. sobre la germinación de las semillas de *Zea mays* L, no evidenció un efecto negativo.



RECOMENDACIONES

- Continuar los estudios del polvo de *Artemisia absinthium* L. sobre *S. oryzae*, como alternativa biológica en otras plagas de almacén.
- Realizar estudios sobre otros métodos de uso de esta planta para el control de plagas en granos almacenados.



BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* (18), 265-267.
- Abebe, (2009). Resistance to maize varieties to the maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae). *Afric J Biotechnol* (8), 5937 - 5943.
- Adams, J. M., & Schulten, G. G. (1976). Losses caused by insects, mites, and microorganisms *Postharvest grain loss assessment methods*. *American Association of Cereal Chemist. Slough, England*, 83-93.
- Andrade, P. (2007). *Toxicidad de polvos de canelo (Drimys winteri JR Forster) contra (Sitophilus zeamais) Motschulsky bajo condiciones de laboratorio* (Tesis doctoral) Universidad de Concepción.
- Araya González, J. A., Sánchez Arroyo, H., & Mota Sánchez, D. (1993). *Evaluación de polvos minerales y vegetales contra plagas de maíz y frijol almacenado en los Estados de Zacatecas y Guerrero* (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Centro de Entomología y Acarología.
- Arias, J., Silva, G., Figueroa, I., Fischer, S., Robles-Bermúdez, A., Rodríguez-Maciel, J. C., & Lagunes-Tejeda, A. (2017). Actividad insecticida, repelente y antialimentaria del polvo y aceite esencial de frutos de *Schinus molle* L. para el control de *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 33(2), 93-104.
- Arias, J., Silva, G., Figueroa, I., Fischer, S., Robles-Bermúdez, A., Rodríguez-Maciel, J. C., & Lagunes-Tejeda, A. (2017). Actividad insecticida, repelente y antialimentaria del polvo y aceite esencial de frutos de *Schinus molle* L. para el control de *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 33(2), 93-104.
- Artigas, J. N. (1994). *Entomología económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (Nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos)*: Editorial Universidad de Concepción.

- Athié, I., & Paula, D. C. (2002). Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação. 2nd ed: Editorial Varela.
- Atsdr (2003). Piretrinas y Piretroides. [En línea] Disponible desde: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts155.html. (Consultado: 13 de febrero de 2019).
- Ávila, D. L., Fera, C. P., Ramírez, G. G., & González, A. E. (2016). Insectos plaga de granos almacenados. Impacto en la seguridad alimentaria del municipio Las Tunas, Cuba. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 23-32.
- Bailén, M. (2008). Nuevos agentes de control parasitario y vectorial. (Tesis de doctorado) En Línea. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/11698/57862_tesis%20doctoral%20Mar%EDa%20Bail%E9n.pdf?sequence=1
- Belloa, G.D., Padina, S., Lastrab, C. L., & Fabrizio, M. (2000). Laboratory evaluation of chemical biological control of rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grain. *J. Stored Prod. Res.*, 37, 77-84. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11124371>
- Casini, C., & Santa, D. (2005). Control alternativo de plagas en granos. *Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos La Habana: INTA*.
- Casini & Santajuliana., (2014). Control de plagas en granos almacenados. <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha>
- Castillo, J. (2006). ¿Qué es un insecto? (En línea) Disponible desde: <http://www.monografias.com/trabajos15/insecto/insecto.shtml>
- Centa (2005). Control de gorgojos pintos (*Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfaciatus*) utilizando el hongo *beauveria bassiana* en frijol almacenado. [En línea] <http://www.centa.gob.sv/html/ciencia/otrainformacion/agricola/controlgorgojospintos>
- Chiasson et al. (2001). Acaricidal properties of *Artemisia absinthium* and *Tanacetum vulgare* (Asteraceae) essential oils obtained by three methods of extraction. *Journal of Economic Entomology*, 94(1), 167-171.

- Coats, J. (1994). Risks from natural versus synthetic insecticides. *Annual Reviews Entomology*, 39, 489-515.
- Craviotto, R. M. y Miriam R. Arango: Sin semilla de calidad ningún sistema es sustentable. Dirección de Internet: <http://www.inta.gov.ar/artic11.htm>
- Cuba (2006) Agricultura. Silos que cambian la vida. (En línea) <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha>
- D'Addabbo T, et al., (2013). Nematicidal potential of *Artemisia annua* and its main metabolites. *European Journal of Plant Pathology*. 137(2), 295-304.
- Ertürk & Uslu, (2007). Antifeedant, growth and toxic effects of some plant extracts on *Leptinotarsa decemlineata* (Say.) (Coleoptera, Chrysomelidae). *Fresen. Environ. Bull.* 16, 601-607.
- FAO (1983). Estudio de evaluación de pérdidas de granos básicos post-cosecha. Documento de campo 1. (En línea) <http://www.fao.org/docrep/X5030S/x5030S01.htm>
- FAO (2003). "Año Internacional del Arroz" AIA. Propuesta del Comité de la Agricultura de la FAO. 17º Periodo de sesiones. (En línea) http://www.stecyl.es/sociopolitica/2004_ANO_INTERNACIONAL_ARROZ.htm
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2005). La aplicación de plaguicidas sin la debida seguridad provoca daños a la salud y al medio ambiente. Roma: FAO. (En línea) <http://www.fao.org/docrep/X5030S/x5030S01.htm>
- FAO (2013). Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: manual de capacitación. (En línea) <http://www.fao.org/docrep/x5037s/x5037S03.htm>
- Cespón, M. F., Curbelo, G. M., Varela, D. C., & García, A. B. (2015). Control de la temperatura para la prevención de plagas poscosecha en la conservación de granos. *Ingeniería y Desarrollo*, 33(2), 216-237. (En línea) <https://www.redalyc.org/pdf/852/85241628005.pdf>

- Fonnegra, R., Botero, H., & Jiménez, S. (2010). Plantas mágico-religiosas: historia, mitos y leyendas. *Boletín Científico y Cultural del Museo Universitario*, 11(23), 34-55.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira, S., Carvalho, R. P. L., Baptista, G. D., Berti Filho, E., & Marchini, L. C. (2002). RS; OMOTO, C. *Entomología agrícola. Piracicaba: Fealq.*
- García Lara, S., Espinosa, C., & Bergvinson, D. J. (2007). *Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternativas para su manejo y control/por Silverio García Lara, César Espinosa Carrillo y David J. Bergvinson* (No. FOLLETO 3531.). Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- García-Lara, S. et al., (2004). The role of pericarp and wall components in maize weevil resistance. *Crop Sci* 44, 1546 - 1552.
- Gerding, M. (2007). Plagas del trigo y su control. El trigo en Chile. Cultura, ciencia y tecnología. Colección libros INIA. Chillán. Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias 21: 157-175.
- 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* Sayonara González. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 5.
- Granados, C., Ortega, B. O., Chan, M. J., Reyes, M. D. J., & Camacho, J. C. (2016). Polvos de especies vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Entomología mexicana*, 3, 430-435.
- Guisaza, J. (2001). Plantas alelopáticas. (En línea): <http://www.webcolombia.com/allelopathy.html>
- Hegnauer, R. (1992). *Chemotaxonomie der Pflanzen: Band XIb-2: Leguminosae Teil 3: Papilionoideae* (Vol. 35). Springer-Verlag. (En Línea) [https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=Wy3yBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1219&dq=Hegnauer,+R.+\(1992\).+Chemotaxonomie+der+Pflanzen&ots=7bjnjRlqp7&sig=h_xXG1HFwtTgihoHpDTRDxETwps&redir_esc=y#v=onepage&q=Hegnauer%2C%20R.%20\(1992\).%20Chemotaxonomie%20der%20Pflanzen&f=false](https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=Wy3yBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1219&dq=Hegnauer,+R.+(1992).+Chemotaxonomie+der+Pflanzen&ots=7bjnjRlqp7&sig=h_xXG1HFwtTgihoHpDTRDxETwps&redir_esc=y#v=onepage&q=Hegnauer%2C%20R.%20(1992).%20Chemotaxonomie%20der%20Pflanzen&f=false)
- Heinrichs, E. A. (2007). Manejo de los insectos plagas del arroz. (En línea) <http://ipmworld.umn.edu>

- Hernández, D. & Escalona, B. (2014). Insectos plaga de alimentos almacenados y sus enemigos naturales en el estado Lara, 48-63. http://cubaalamano.net/sitio/muestra_especial.asp?
- Nicaragua (2008). El gorgojo del arroz. FICHA "INSECTOS PLAGAS. (En línea) <http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/DOCUMENTOS%20DE%20INTERES/PLAG-9.htm>
- INTA (2006). Insectos. (En línea) http://www.inta.gob.ni/informacion_postcosecha/capacitaciones_tecnicas/publicaciones/insectos/main.htmlsman
- Kordali, S. et al., (2006). Toxicity of essential oils isolated from three *Artemisia* species and some of their major components to granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Ind. Crop Prod.* 23, 162-170.
- Lagunes, A. (1994). Extractos y polvos vegetales, y minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. *Colegio de Postgraduados-USAID-CONACYTBORUCONSA, Montecillo, México.*
- Landaverde, R. (2003). Las plagas de los productos alimenticios almacenados en la región del Oirsa. Salvador. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria: 171.
- M. B. & Machial, C. P. (2006). Esticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In M. Rai and M.C. Carpinella (eds.). *Naturally Occurring Bioactive Compounds*, Elsevier. 29-44.
- Machado, I. (2014). Efecto del ozono (o3) sobre la principal plaga del *Sorghum bicolor* (L.) moench almacenado. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Agricultura Tropical Sostenible.
- Malpica, A. H., & Miranda, G. A. (2016). Impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria en zonas campesinas vulnerables de los Andes del Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(1), 71-82.
- Matamoros Vilchez, R. I., & Rugama Miller, O. R. (2006). Calidad fitosanitaria y presencia de aflatoxinas en granos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), en

- almacen y campo, 2005 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA). 62 pp
- Mazzonetto, F. 2002. Efeito de genótipos de feijoeiro e de pós origem vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col. Bruchidae). 134 p. (Tesis Doctor en Ciencias). Universidad de Sao Paulo, Piracicaba, Sao Paulo, Brasil.
- Mazzuferi, V., Carreras., J. & Casanoves., F. (2000) Uso de fosfamina para el control de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera; Curculionidae) en semillas de garbanzo (*Cicerarietinum* L.) y efectos sobre su viabilidad. Comunicación. Revista AGRISCIENTIA XVII: 65-68.
- Mendoza G. (2012). Efecto de frecuencia de aplicación y tiempo de exposición al fosforo de aluminio (AIP) en la calidad de semilla de maíz en Zamorano [Tesis de Diploma]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 27. (En línea) <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1007/1/AGI-2012-T030.pdf>
- México (2014). Control de insectos en granos almacenados. (En línea) <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:blrGT4QrKkUJ:http://mip>
- Morales, R. P. (2011). Evaluación de follaje de tres especies arbóreas nativas sobre *Sitophilus oryzae* L. en trigo almacenado. Valdivia.
- Navarro, M., Febles, G., & Herrera, R. S. (2015). El vigor, elemento indispensable de la calidad de las semillas. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4), 447-458.
- Navarro Rocha, J., Burillo Alquézar, J., & González Coloma, A. (2017). Efectos insecticidas y antifúngicos de una nueva variedad de ajeno (*Artemisia absinthium* L.)-ensayos preliminares. (En línea) https://citarea.citaraagon.es/citarea/bitstream/10532/3886/1/2017_379.pdf
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, 101, 372-378.

- Niranjan Babu, M. (2010). Phytochemical Investigations and Screening of Antihyperlipidemic and Antioxidant Activities of some Medicinal Plants (Doctoral dissertation, JSS College of Pharmacy, Ootacamund (En línea) <http://repository-tnmgrmu.ac.in/2691/1/14050282010niranjanbabu.pdf>
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *J. Agr. Sci* 144, 31-43.
- Ostrauskas, H., & Taluntyté, L. (2004). Insects of stored plant products in Lithuania. *Ekologija*, 4, 50-57. En línea: <http://elibrary.lt/resursai/LMA/Ekologija/E-050>
- Padmasri, A. et al., (2017). Management of Rice Weevil (*Sitophilus oryzae* L) in Maize by Botanical Seed Treatments *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (12), 3543-3555. Recuperado de <https://www.ijcmas.com/6-12-2017/A.%20Padmasri,%20et%20a>
- Pereira, F. (1993). Conservación y protección de los granos almacenados. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Chile. FAO. (En línea) http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/INPHO/VLIBRARY/X0027S/ES/X0027S0H.H
- Pérez Rodríguez, Y., Valdés Herrera, R., Castellanos González, L., & Jiménez Carbonell, R. (2018). *Sitophilus oryzae* L. (coleoptera: curculionidae) características, daños, reproducción y alternativas para su control. *Revista científica Agroecosistemas*, 6(3), 129-135. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Pérez, Y., Caballero, T., Valdés, R., Guerra, J. O., & Medina, J. F. (2019). Actividad biológica de extractos de *Pimenta dioica* L Merrill sobre *Sitophilus oryzae* L. *Universidad y Sociedad*, 11(1), 369-375. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Pérez, M. P., Zaldívar, J. C. P., & Oduardo, D. S. (2019). Manejo integrado de plagas de almacén en Jesús Menéndez. *Ojeando la Agenda*, (60), 3. (En línea) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7055813>
- Rajendran, S. & Sriranjini, V. (2008) Plant products as fumigants for stored product insect control. *J. Stored Prod. Res* 44, 126-135.

- Ramasubramaniaraja, R., & Babu, N. M. (2010). Antihelminthic studies and medicinal herbs—an overview. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*, 5, 39-47.
- Ramírez, S. (2005). Plantas con acción repelente e inhibitoria de la reproducción de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (Coleoptera; Bruchidae). (Tesis de Diploma) Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba: 53.
- Reyes, V. (2006). Efectos de residuos de plantas sobre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). (Tesis de diploma). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central de Las Villas. 46.
- Ritacco, M. (1988). Control por radiación gamma del insecto plaga *Sitophilus oryzae*, en granos de trigo almacenado. Argentina. Comisión Nacional de Energía Atómica [En línea]
<https://www.cnea.gob.ar/nuclea/bitstream/handle/10665/479/cicacInformeCNEA489ocrA9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, C. (2000). Propiedades plaguicidas del epazote *Teloxys ambrosioides* (Chenopodiaceae). In: simposio nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas 6, 95-110.
- Rodríguez, C. & López, E. (2001). Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. (En línea)
<http://web.catie.ac.cr/informacion/RMIP/rev59/resinf3.htm>
- Rodríguez, H. (1993). Fitoinsecticidas en el combate de insectos In: “Bases prácticas de la agroecología en el desarrollo centroamericano” Modulo II: Manejo de plagas en el sistema de producción orgánica. San Martín Zapotitlan, Retalhuelu: 112-125.
- Rodríguez, J. P. (2019). Identificación de los productos y medios empleados para el control de plagas. SEAG0110. IC Editorial
- Rodríguez, L. & Arredondo, H. (2007). Teoría y Aplicación del Control Biológico. México. Sociedad Mexicana de Control Biológico: 303.

Romero, G. (2000). Control de plagas de los granos y productos almacenados. (En línea):

http://www.agrobit.com/Info_tecnica/agricultura/Almacenaje/AG_000007al.htm

Sampietro, D. A. (2003). Definición de alelopatía. Futuro Verde. (En línea)

http://www.pwp.007mundo.com/futuroverde/documentos_658.htm.

Seaman, F. C. (1982). Sesquiterpene lactones as taxonomic characters in the Asteraceae. *The botanical review*, 48(2), 121-594.

Sighamony, S., I. Anees, T. Chandrakala, and Z. Osmani. 1984. Natural products as repellents for *Tribolium castaneum* Herbst. *Int. Pest Control* 26:156-159.

Silva, G. (2002) Insecticidas Vegetales .Universidad de Minnesota. (En línea)

Disponible ndesde: <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/GSilvaSp.htm>

Silva, G., Lagunes, A. & Rodriguez, J. (2003) Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Revista de Ciencia e Investigación Agropecuaria* 30, 153-160.

Silva, G., Pizarro, D., Casals, P., & Berti, M. (2003). Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. *Current Agricultural Science and Technology*, 9(4).

Singh, T., I. y Saini., K. y. M. S. (1979) Biology af *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Bruchidae: Coleoptera). *Brief Communication. Entomon* 4 201-203.

Stadler, T. (1988) Normalización de las variables ecofisiológicas durante el desarrollo de *Sitophilus oryzae*(L.) (Coleoptera: Curculionidae). México. *Sanidad Vegetal Plagas* 14, 541-555.

Tenne, P. & Karunaratne, M. (2017). Bioefficacy of Three Selected Plant Species against the Cowpea Bruchid (*Callosobruchus maculatus* F.): A Green Paradigm for Post-Harvest Pest Management. *International Forestry and Environment Symposium*, 22. Recuperado de:

<http://journals.sjp.ac.lk/index.php/fesympo/article/view/3371>

- Throne, J. E. (1994). Life history of immature maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on corn stored at constant temperatures and relative humidities in the laboratory. *Environmental Entomology*, 23 (6), 1459-1471.
- Trinidad, C. V. y Gaona, M. E. (2011). Acción insecticida y repelente del Neem sobre adultos de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) en granos de poroto (*Vigna unguiculata*). *Investig. Agrar* 13, 107-111.
- Valdés, H. (2008). Preferencia de *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera; Curculionidae) por granos almacenados Preference of *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera; Curculionidae) for stored grains *Centro Agrícola* 35, 41-45.
- Valdés, R. (2007) Efectos de residuos de plantas sobre el gorgojo pinto del frijol (*Zabrotes subfasciatus* Bohemann) y el gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae* L.) Facultad de Ciencias Agropecuarias.UCLV. Santa Clara, Villa Clara, Cuba. 166pp.
- White, N., and J. Leesch. 1996. Chemical control. In B. Subramanyam, and D. Hagstrum (eds.) *Integrated management of insects in stored products*. Marcel Dekker, New York, USA. 287-330.
- Zaghloul, A. O., Kady.B.M., E., Wakil.F.H., E., Ahmed.M.S.S. y I.M., M. (2012) Biological and genetical studies on the rice weevil, *Sitophilus oryzae*(L.) (Curculionidae: Coleoptera) in Egypt. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 8, 92-97.