

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Extractos Vegetales como una Alternativa de Control para el
Picudo de Maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

Por:

LUIS MIGUEL BASTIDA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Extractos Vegetales como una Alternativa de Control para el
Picudo de Maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

Por:

LUIS MIGUEL BASTIDA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Mariano Flores Dávila

Asesor Principal



Dr. Ernesto Cerna Chávez

Coasesor



M.C. José Irving Monjarás Barrera

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por Darme la oportunidad de culminar mis estudios en esta universidad, por acompañarme en cada momento sobre la marcha en mis estudios. Gracias Dios por tantas bendiciones que has puesto en mi vida, te pido que sigas bendiciendo mi camino ahora como profesionista y me des la sabiduría para ejercer esta noble profesión con humildad, sencillez, sensatez y mucha seguridad.

A mis Padres

Por darme la vida, la educación y por haberme siempre inculcado los buenos valores, que son los que hoy me han llevado a terminar mi carrera como profesionista y que sin su apoyo y ayuda las cosas no hubieran sido las mismas, Muchas gracias papá y mamá.

A la Gloriosa ALMA TERRA MATER

Por haber sido mi segundo hogar durante todos estos años de la carrera, por acogerme con esa calidez y por haberme dado la oportunidad de ser uno más de sus tantos y orgullosos Egresados.

A mis Asesores

Dr. Mariano Flores Dávila, Dr. Ernesto Cerna Chávez, MC. José Irving Monjarás Barrera y el Ing. Héctor Quiñones Dena.

Por la gran oportunidad de desarrollar este proyecto y por todo su apoyo y tiempo durante la realización del mismo y por la amistad que me han brindado.

DEDICATORIAS

A mis padres

† Maximiliano Bastida Sotelo, porque siempre fuiste mi consejero, amigo y protector, porque Tú sabes desde donde estás que me acompañas me asistes y me das las fuerzas para seguir adelante, por la educación que me brindaste y el interés que me inculcaste por estudiar, te dedico a ti este el primero de mis logros, como cumplimiento de la promesa que te hice un día.

María Eugenia Hernández Talancón, por darme la vida y enseñarme desde pequeño que los guerreros no se dan por vencidos por lo difícil que parezca el camino, por ser mi guía, mi sostén y mi motivación para salir adelante, porque con tu ejemplo nos has enseñado que la vida tiene heridas que se curan y que con amor, esfuerzo y dedicación todo es posible. Te quiero y admiro madre.

A mis Hermanos

Lulú, Irma, Toño, Ana, Paty, Huber, Oli, Yuri y Germán, por ser mis amigos, cómplices, consejeros, y una de mis motivaciones para salir adelante, por compartirme tanto de sus vidas y por creer en mí, los quiero mucho a todos, los respeto y mi Dios los siga bendiciendo.

A mis cuñados

Manuel, Cesar, Julio, Pepe, Vicente, Rosy y Cristi, que son como mis hermanos, por su apoyo y por formar parte tan linda de mi hermosa familia, por sus atención y por confiar en mí.

A mis amigos

Lalo, Many, Willy, Chio, Kass, soco, Chuy, Los michoacanos de la narro, a mis pelones consentidos Gines y Alexis, chaparro, panchito, Blanca, Beto, chava y a los de mi generación, por todos los momentos que compartimos, por haber formado parte de una de las etapas más importantes de mi vida y por confiar en mí, apoyarme y brindarme su amistad en las buenas y malas, Dios los siga bendiciendo.

Nancy V. Salas Sánchez por ser parte de esta etapa de mi vida, por ser una de mis motivaciones, brindarme su cariño, confianza y apoyo

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
Justificación.....	4
Objetivo.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Importancia del Maíz en México.....	5
Producción de Maíz en México.....	6
Características Agronómicas del Maíz.....	6
Origen del Maíz.....	7
Ubicación taxonómica del Maíz.....	7
Métodos de almacenamiento de granos y semillas en México.....	8
Principales enemigos de los granos y semillas de almacén.....	8
Plagas primarias y plagas secundarias para el Maíz en almacén.....	10
Métodos tradicionales de control para plagas de almacén.....	10
Exposición al sol.....	12
Mezclar grano de semilla con arena y ceniza.....	12

Ahumado.....	12
Almacenamiento sin desgranar.....	12
Método químico.....	13
Gorgojo del Maíz <i>S. zeamais</i>	13
Origen y Distribución.....	14
Clasificación Taxonómica.....	14
Daños.....	15
Descripción morfológica de <i>S. zeamias</i>	15
Ciclo de vida de <i>S. zeamais</i>	16
Hábitos de vida de <i>S. zeamais</i>	17
Métodos de control para <i>S. zeamais</i>	18
Control Biológico.....	18
Prácticas culturales para el control del gorgojo de del Maíz.....	18
Control Físico.....	19
Radiación.....	19
Control Químico.....	20
Variedades resistentes.....	20
Insecticidas de origen Botánico.....	21
Metabolitos secundarios.....	21
Principales clases de metabolitos secundarios.....	22
Extractos vegetales como insecticidas.....	23
Menta (<i>Mentha sativa</i>).....	25
Clasificación taxonómica.....	25

Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>).....	25
Clasificación taxonómica.....	26
Chile (<i>Capsicum annuum</i>).....	26
Clasificación taxonómica.....	27
Ajo (<i>Allium sativum</i>).....	27
Clasificación taxonómica.....	28
Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>).....	28
Clasificación taxonómica.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Ubicación del experimento.....	30
Materiales utilizados.....	30
Diseño experimental.....	30
Análisis estadístico.....	31
Estimación de las concentraciones letales.....	31
Metodología.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
COCLUSIONES.....	36
LITERATURA CITADA.....	38

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Modo de acción de los metabolitos secundarios sobre insectos.....	24
2	Especies vegetales utilizadas en el control de <i>S. zeamais</i>	32
3	Concentraciones utilizadas en cada extracto vegetal.....	32
4	ANOVA obtenido según el programas SAS.....	33
5	Medias y agrupaciones según la prueba de Tukey.....	33
6	Cl ₅₀ y Cl ₉₀ a las 72 horas después de la aplicación.....	35

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Porcentajes de control obtenidos según el análisis de varianza y la prueba de Tukey $\alpha=0.05\%$	43
2	Determinación de la CL_{50} para los extractos vegetales de Ajo, Tomillo y Canela sobre la población de adultos de <i>S. zeamais</i>	45

RESUMEN

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial y nacional, ya que es uno de los cereales más importantes para la base de la alimentación humana y de animales domésticos, sin embargo, la acción de conservarlo sano y disponible por tiempos prolongados se enfrenta a retos que impiden que esto sea posible, como lo son las plagas de los granos almacenados. El picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) es una de las plagas más importantes para este cultivo a nivel de almacén, ya que es el que causa más pérdidas de este cultivo. Los insecticidas sintéticos han sido los mayormente utilizados para controlar esta plaga, sin embargo, han tenido impactos tanto en salud humana como en el medio ambiente así como la expresión de resistencia a ciertos productos. Por lo anterior, este trabajo se realizó con la finalidad de encontrar una alternativa al uso de los plaguicidas sintéticos, para lo cual se evaluaron cinco extractos vegetales (*Allium Sativum*, *Cinnamomum verum*, *Thymus vulgaris*, *Mentha sativa* y capsicina) y un testigo absoluto. Los datos se analizaron mediante la comparación de medias por el método Tukey con un nivel de significación del 0.05%. El extracto de Ajo presento una mortalidad del 73.6%, seguida de Canela con 53.3%, Tomillo con 44.6%, Capsicina con 20% y Menta con 18%. De igual forma se obtuvieron las CI_{50} para Ajo, Canela y Tomillo, siendo estas de 1556 ppm, 3844ppm y 4877ppm respectivamente.

Correo electronico; Luis Miguel Bastida Hernandez, luis.bastida@outlook.com

Palabras clave: Gorgojo del Maíz, *Sitophilus zeamais*, Mortalidad, ppm, CI_{50} , extractos vegetales.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de insecticidas sintéticos en la agricultura es una práctica que se hace de forma constante y muchas veces de forma irracional o sin fundamento ecológico. La necesidad de la sociedad para obtener productos agrícolas ha estado basada en el uso de pesticidas sintéticos, lo cual ha llegado a ocasionar un impacto en la salud humana y al medio ambiente, siendo la de este último de forma irreversible (Dell'Orto y Arias, 1983).

Por otro lado los pesticidas químicos han sido de gran utilidad para obtener mayor rendimiento en la producción agrícola y han sido una base fundamental para la obtención de los alimentos a nivel mundial, principalmente los alimentos básicos como lo son los cereales donde se encuentra el maíz. Por esto, los cereales son considerados, mundialmente, como las especies vegetales más importantes para la alimentación de los seres humanos y animales domésticos (Dell'Orto y Arias, 1983).

El almacenamiento por largos períodos de tiempo es esencial para disponer de alimento en forma constante (Paez, 1987). Lamentablemente, esto se ve entorpecido por los insectos plagas de los granos almacenados que causan cuantiosas pérdidas, tanto en lo económico como en su disponibilidad para la alimentación de animales y seres humanos (Larraín, 1994). Sin embargo, en los granos almacenados se presenta un gran reto al tratar de controlar las plagas de almacén ya que los métodos de control de plagas son de muy variada naturaleza. Existen desde técnicas altamente sencillas, como el uso de temperaturas extremas, métodos físicos como inertes y envases herméticos hasta el uso de insecticidas sintéticos y atmósfera controlada (Celis y Kunadu, 1992). Lamentablemente, muchas de estas técnicas no están al alcance de los pequeños agricultores, ya sea por costo o por el riesgo que pueda implicar el uso inadecuado de ellos. En vista de esto, muchas veces los agricultores recurren a elementos disponibles en su medio (Golob y Hanks, 1990).

Es por esto que nos vemos en la necesidad de buscar las alternativas de productos más amigables con el medio ambiente y para la salud. El uso de insecticidas biológicos y orgánicos es una de las principales actividades que se están haciendo en la actualidad como alternativa al uso de pesticidas sintéticos, con la finalidad de no bajar los rendimientos en la producción agrícola por causa de las plagas o enfermedades y sin el uso de los productos químicos sintéticos (Weaver y Subramanyan, 2000).

La revalorización de las plantas como fuente de sustancias con propiedades insecticidas se viene difundiendo desde los últimos 35 años. En algunos países de América Latina se han desarrollado interesantes líneas de investigación que buscan en las plantas compuestos químicos con menor impacto ambiental y con potencial para el control de plagas agrícolas (Mareggiani 2001; Mazzonetto, 2002). El uso más sencillo de las plantas para el control de plagas de los granos almacenados es la mezcla física de los polvos secos de estas con el grano (Weaver y Subramanyan, 2000).

Se ha evaluado una gran cantidad de polvos de origen vegetal para el control de estos insectos en países como Brasil, México y Chile, aunque sus propiedades protectoras son solamente preventivas, ya que una vez que el insecto penetra el grano, el polvo no tendrá efecto alguno (Silva, 2001).

Lagunés (1994) señala que cada año se tienen pérdidas de hasta el 30 y 40% de la producción durante el almacenamiento. Para el control de estas plagas, normalmente se hacen aplicaciones de insecticidas químicos clorados y fosforados; los cuales causan daños al medio ambiente, al ser humano y a los animales. Una alternativa apropiada para este problema es utilizar extractos vegetales como tratamientos que generalmente son biodegradables y no producen un desequilibrio al ecosistema (Iannacone y Lamasal, 2003).

JUSTIFICACIÓN

El gorgojo del Maíz *S. zeamais* es la principal plaga en maíz almacenado, siendo el control químico su principal herramienta para erradicar dicha plaga. En la actualidad se busca remplazar a los insecticidas sintéticos por sustancias más amigables con el medio ambiente y la salud humana. Por esto, los extractos vegetales representan una alternativa de control y protección para los granos.

OBJETIVO

Evaluar el porcentaje de mortalidad de cinco extractos vegetales sobre *S. zeamais* para un control.

HIPÓTESIS

Se espera que al menos un tratamiento de aceite vegetal sea prometedor para el control de *S. zeamais*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Maíz

En el inicio del siglo XXI la investigación acerca del origen del maíz está determinada por la preponderancia de las metodologías de la biología molecular. Con base en ellas se han podido explorar escenarios evolutivos de millones de años en los que se conforman las estructuras genómicas de los organismos vegetales que anteceden a las familias a las que pertenecen no sólo el maíz y el teocintle, sino muchos otros grupos de plantas (Serratos *et al.*, 2009).

Sin embargo, en más de setenta años de confrontación e intercambio de ideas con relación al origen del maíz, sólo se ha producido un consenso entre la comunidad científica: el teocintle es el ancestro del maíz. Al asociar muestras de maíz o teocintle de diferentes regiones con los patrones nodulares cromosómicos se puede inferir la relación genética entre las muestras, su distribución geográfica y patrones de dispersión-migración. Derivado de su análisis, se dice que el origen del maíz es producto de varias poblaciones de teocintles y en consecuencia, existen al menos cuatro centros de origen o domesticación del maíz que se extienden a lo largo de México y hasta Guatemala. La dispersión de estos complejos raciales hacia Norte y Sudamérica seguiría los mismos senderos que se han identificado en otros estudios (Serratos, 2009).

El maíz es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. En los países industrializados el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y recientemente, para la producción de etanol. Por el contrario, en algunos países de América Latina y cada vez más en países africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce o importa se destina al consumo humano. En este sentido, el maíz ha sido y sigue siendo un factor de

sobrevivencia para los campesinos e indígenas que habitan en la mayoría de los países del continente americano (Serratos, 2009).

Importancia del maíz en México

Según el SIAP (2015), el maíz es el cultivo más importante de México. El maíz blanco en grano se utiliza principalmente para la elaboración de las tradicionales tortillas y tamales, pero de él también pueden obtenerse aceite e insumos para la fabricación de barnices, pinturas y jabones. El maíz amarillo en grano también se utiliza para consumo humano en una amplia variedad de platillos; sin embargo, su principal destino es la alimentación del ganado y la producción de almidones.

Producción de maíz en México

En México, Según el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2014), la superficie sembrada de Maíz es de 7,426,412.19 ha, con un total de producción nacional de 23,273,256.54 ton. Teniendo pues así un rendimiento promedio por hectárea de 3.30 ton/ha.

Todas las entidades del país presentan algún nivel de producción de maíz, sin embargo, siete entidades concentran el 64.5% del volumen de producción nacional. Sinaloa es el principal productor al concentrar el 16.5% del total; le siguen en importancia Jalisco, Michoacán, Estado de México, Chiapas, Guerrero y Veracruz (SIAP-SAGARPA. 2012)

El Estado de Coahuila tiene una producción de 43,560.26 ton para el 2014, en una superficie aproximada de siembra de 32,583.49 ha, entendiendo esto como un rendimiento por hectárea sembrada de Maíz de 1.34 ton/ha.

A nivel local, el Municipio de Saltillo, para el año 2014 obtuvo una producción de Maíz de 9,286.59 ton en una superficie aproximada de 12,754.00 ha, entendiendo esto como un rendimiento de 0.73 ton/ha.

Características agronómicas del Maíz

Según el SIAP (2016), la planta de maíz es de aspecto robusto. Tiene un solo tallo de gran longitud, sin ramificaciones, que puede alcanzar hasta cuatro metros de altura. Al hacerle un corte presenta una médula esponjosa. La planta tiene flores tanto masculinas como femeninas. La inflorescencia masculina es un espigón o penacho amarillo que puede almacenar de veinte a 25 millones de granos de polen. La femenina tiene menos granos de polen, mil como máximo, y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices.

Las hojas son largas y extensas, con terminación en forma de lanza, o lanceoladas, de extremos cortantes y con vellosidades en la parte superior. Sus raíces son fasciculadas, o sea, todas presentan más o menos el mismo grosor, y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos pueden verse los nudos de las raíces a nivel del suelo (SIAP 2016).

Origen del Maíz

El maíz es la forma domesticada de una subespecie de teocintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*), un pasto silvestre que existe de manera natural en regiones aisladas actualmente restringidas a elevaciones entre los 400 - 1700 msnm de la Sierra Madre Occidental (Michoacán y Jalisco). Tanto los científicos de las ciencias sociales como los responsables de estudio de las plantas conceden a la agricultura que involucra al maíz como el mejor ejemplo de coevolución entre una planta y sus domesticadores, conforme las plantas y la sociedad humana fueron interrelacionándose, la influencia de una sobre otra fue a su vez incrementándose (Salvador, 2001).

Ubicación Taxonómica del Maíz

La clasificación taxonómica del maíz según Rosa (2009) se conoce como sigue:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *mays*

Métodos de almacenamiento de granos y semillas en México

El manejo del maíz en post-cosecha es una actividad muy compleja ya que la conservación de este en almacenes es una actividad que representa una gran amenaza para la integridad del grano. Se han encontrado diferentes formas o prácticas para para conservar el grano, donde encontramos diferentes métodos para el control de dichas plagas (Bergvinson, 2007).

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. En México Bergvison (2007) menciona algunos de los métodos de almacenamiento de mayor uso, los cuales son:

Almacenamiento en sacos:

Los sacos se hacen de yute, henequén, fibras locales y sintéticas. 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 (Bergvinson, 2007).

No obstante su manejo es fácil, permiten la circulación del aire cuando se colocan apropiadamente y pueden almacenarse en la casa del agricultor, sin requerir áreas especiales. Antes de utilizarse, los costales deben limpiarse perfectamente, exponerse al sol y asegurarse de que no estén rotos. Los productos ensacados deben inspeccionarse al menos cada dos semanas, introduciendo la mano a su interior para revisar el calentamiento del grano o la semilla, el cambio en olor o de color, así como la presencia de insectos. Si algún problema de este tipo se presenta, el grano debe vaciarse de nuevo, limpiarlo, secarlo y de ser necesario tratarlo con productos especiales. Los sacos deben estibarse sobre plataformas de metal, madera o de ladrillos, evitando con ello el contacto directo con el suelo. Debe dejarse una separación con relación a las paredes del almacén (Bergvinson, 2007).

Almacenamiento a granel:

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 re infestación (Bergvinson, 2007).

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. El nivel de humedad de los granos o semillas por almacenar debe ser menor del 9% (Bergvinson, 2007).

En México existen los almacenes rústicos, planos y modernos. Los dos primeros son estructuras que se utilizan para almacenar el grano o la semilla en cantidades y por periodo de tiempo relativamente corto, que puede ser desde unos cuantos meses hasta un año aproximadamente. Este tipo de almacenes son los que tradicionalmente se utilizan en el medio rural (Bergvinson, 2007).

Los almacenes modernos se utilizan cuando se almacenarán grandes volúmenes; cuentan con instalaciones mecánicas que aseguran un adecuado manejo y una eficiente conservación de granos y semillas durante su almacenamiento, que por lo general, dura desde uno hasta varios años (Bergvinson, 2007).

Principales enemigos de los granos y semillas en almacén

Existen numerosas especies de palomillas y gorgojos que atacan a los granos y semillas almacenados; y basta con condiciones adecuadas (por ejemplo, el calor y la humedad) para producir las condiciones óptimas para que las poblaciones de insectos se desarrollen. Al aumentar la población de insectos se producirá mayor calor y humedad y así sucesivamente; favoreciéndose el desarrollo de hongos y bacterias; acentuándose por lo tanto, la severidad de los daños ocasionados al grano. Aunado a lo anterior, los hongos producen sustancias llamadas micotoxinas, las cuales pueden resultar altamente tóxicas para organismos de sangre caliente, incluyendo desde luego el hombre. Se ha demostrado que cuando las aves se

alimentan con cereales almacenados con humedad alta, la presencia de micotoxinas puede provocarles trastornos fisiológicos e incluso la muerte (Guzmán, 2015).

Los roedores también provocan pérdidas cuantiosas en granos y semillas almacenados, no sólo porque los consumen en grandes cantidades, sino también por contaminar con sus pelos y excreciones (heces fecales y orina) (Guzmán, 2015).

Cuando el almacenamiento tiene lugar en locales desprotegidos, el ataque por pájaros puede representar una causa más de pérdidas (Guzmán, 2015).

En ocasiones los insectos, hongos, pájaros y roedores pueden iniciar su ataque en el campo, antes de que la cosecha tenga lugar; sin embargo, hay algunos organismos que sólo se presentan cuando las condiciones del almacenamiento permiten su desarrollo (Guzmán, 2015).

Plagas Primarias y Plagas secundarias para el Maíz en almacén

Las plagas de insectos varían de acuerdo con la región, la estación del año, el sistema y el periodo del almacenamiento. Por ejemplo, se consideran plagas primarias aquellos insectos que atacan el grano íntegro, sin daño previo. Son las más importantes durante el almacenamiento; sus fuentes de alimento son limitadas y mueren cuando éstas se agotan o cuando las poblaciones alcanzan niveles altos. Los insectos de esta clase pueden sobrevivir en los residuos de grano dentro de la estructura de almacenamiento. En muchos casos los daños que provocan comienzan en el campo, antes del almacenamiento. Dentro del grupo de plagas primarias se encuentran el gorgojo del maíz (*S. zeamais*), el barrenador grande del grano (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla de los granos (*Sitotroga cereallela*) (Bergvinson, 2007).

Las plagas secundarias, por el contrario, no atacan los granos íntegros, sino que se alimentan de aquellos que ya han sido dañados por plagas primarias o sometidos a manejo o procesamiento. Las plagas secundarias tienen una variedad de alimentos

más amplia y es posible que hagan su aparición en estadios muy tempranos de almacenamiento. Sin embargo, los daños no se consideran de importancia hasta que son causados por plagas primarias. Entre las plagas secundarias se encuentran la polilla bandeada (*Plodia interpunctella*), el escarabajo castaño (*Tribolium castaneum*) y el barrenillo de los granos (*Rhyzoperta dominica*) (Bergvinson, 2007).

Métodos tradicionales de control para plagas de almacén

En la necesidad de mantener los granos y semillas por un periodo prolongado en almacén, se presenta la necesidad de desarrollar técnicas útiles para lograr este objetivo dentro de las cuales tenemos:

Exposición al sol:

Los granos y semillas se extienden sobre superficies limpias para su exposición al sol; debe evitarse el sobrecalentamiento por medio de traspaleos. Es importante señalar que los insectos no toleran temperaturas superiores a los 40 °C.

Mezclar el grano o semilla con arena y ceniza:

La arena y la ceniza controlan la presencia de insectos, ya que éstos pierden humedad y al no reponerla mueren. Ambos materiales también actúan en el insecto por asfixia.

Ahumado:

El humo dentro del almacén es una práctica que se realiza con la finalidad de que los insectos que se encuentran dentro del almacén se ahuyenten por la falta de oxígeno dentro del mismo almacén.

El almacenamiento sin desgranar:

El totomoxtle del maíz y la cascarilla que cubre a algunos granos o semillas protegen del ataque de insectos.

Método químico:

Existe la posibilidad de realizar control preventivo y control curativo, aunque siempre es recomendable utilizar el preventivo ya que se facilita el manejo de la plaga y el porcentaje de pérdidas será mucho menor (FAO, 2016).

La pulverización es una práctica común, se pulveriza en las paredes, pisos, entarimados, techos, equipos existentes dentro del almacén y alrededor de la unidad de almacenamiento con la finalidad de exterminar los insectos que se esconden en depresiones, orificios, y grietas (FAO, 2016).

La nebulización también se utiliza para el control de plagas de almacén, este es el proceso por el cual se obtiene la producción de gotas pequeñísimas con el uso del calor; en este caso se alcanzan gotas de un diámetro menor a 50 micras. El insecticida pulverizado debe ser lo bastante volátil para que, al mezclarse con el aceite diesel, produzca una humareda con pequeñas partículas que permanecen en suspensión en el aire por algún tiempo. Este método combate los insectos que vuelan, como las polillas y las moscas. Sin embargo, también mata otros insectos directamente alcanzados por el insecticida en paredes y otras superficies (FAO, 2016).

En la fumigación de los granos almacenados se usa un insecticida fumigante, es decir, que poco después de ser aplicado se transforma en gas letal para los insectos en ambientes confinados, bajo determinadas condiciones de temperatura y presión. En la fumigación, el objetivo es matar todas las etapas del insecto: huevo, larva, ninfa y adulto, que en la mayor parte de los casos ya están establecidos dentro del mismo

grano. El fumigante penetra en los cuerpos de los insectos a través de los estigmas durante la respiración (FAO, 2016).

Gorgojo del Maíz *Sitophilus zeamais*

Origen y distribución

Existe confusión en cuanto al origen de este insecto, se cree que es originario de la India, lugar del cual se fue distribuyendo en todo el mundo convirtiéndose en insecto cosmopolita. (Metcaf y Flint 1982).

Su distribución es mundial, afectando principalmente a las zonas tropicales y subtropicales húmedas, así como en zonas templadas. En el Estado de México se localiza en las zonas sur y noroeste (García *et al.*, 2007).

En México García *et al.*, (1992) reportan la presencia de *S. zeamais* en los estados de Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Edo. de México, Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quinta Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

Estos insectos infestan las mazorcas en el campo durante el secado del grano y antes de la cosecha, o cuando el grano es almacenado. Los mayores daños al grano los ocasionan las larvas y los adultos. Los adultos perforan el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman surcos en el endospermo al alimentarse (García *et al.*, 2007).

La presencia del gorgojo favorece el ataque de otros insectos. Cuando hay mucha humedad y los insectos atacan el grano, se crea un foco de infección que ocasiona calentamiento en el maíz y en consecuencia, fuertes infestaciones (García *et al.*, 2007).

Clasificación taxonómica

Borrer *et al.*, (1981) y citado por Pérez (2009); ubica a *S. zeamais* como sigue:

Reino: Animal

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Suborden: Polyphaga

Familia: Curculionidae

Género: *Sitophilus*

Especie: *zeamais*

Daños

Se estima que de 5 a 10 % de la producción mundial de granos se pierde a causa de los insectos plaga, lo que equivale a la cantidad de granos necesaria para alimentar a 130 millones de personas anualmente (Casini y Santajuliana 2008). En América Latina, entre 30 y 40 % de la producción de maíz se pierde durante su almacenamiento (Lagunes *et al.*, 1994). De las plagas asociadas a los granos almacenados, *Sitophilus zeamais* Motschulsky se considera la que más daño puede provocar (Arienilmar *et al.*, 2005).

Descripción Morfológica de *S. zeamais*

Según Gutiérrez (1990) las características morfológicas del gorgojo del maíz (*S. zeamais*) son como se citan a continuación:

Huevo

El huevecillo rara vez se observa ya que se desarrolla en el interior del grano infestado donde se alimenta, es en forma de pera u ovoide de un color blanco opaco, ensanchado de la parte media hacia abajo y con todo redondeado, mide aproximadamente 0.3 mm de ancho (Gutiérrez, 1990).

Larva

La larva es un gusano pequeño de 2.5 a 2.75 mm de largo, blanco aperlado; de cuerpo grueso y apodo, con cabeza pequeña de color café claro, más larga que ancha y cuneiforme; centralmente casi recta y dorsalmente muy convexa. Pasa por cuatro estadios larvales (Gutiérrez, 1990).

Pupa

La pupa es de color blanco pálido al inicio hasta tornarse a color café claro al final, mide de 2.75 mm a 3mm, presenta proboscis larga dirigida hacia la parte anterior y las patas dobladas hacia la parte anterior y las patas dobladas hacia el cuerpo (Gutiérrez, 1990).

Adulto

El adulto mide de 2.5 a 4.5 mm de longitud, es de color café oscuro, cuerpo cilíndrico y alargado, cabeza prolongada en un pico o proboscis curva y delgada, antenas acodadas y de 8 segmentos, alas funcionales, el protórax densamente marcado con

punturas del pronoto son más de 20 a lo largo de la línea media del cuello al escutelum. Presenta alas funcionales. El adulto es muy semejante en forma al gorgojo de los graneros pero difieren en color y marcas, además de que este tiene bien desarrolladas el segundo par de alas (Gutiérrez, 1990).

Ciclo de vida de *S. zeamais*

S. zeamais se distribuye en las zonas tropicales húmedas y templadas alrededor del mundo. Comúnmente infesta al maíz desde que éste se encuentra en el campo donde el contenido de humedad de los granos excede el 20%. El ciclo de vida de *S. zeamais* inicia cuando la hembra después de aparearse y localizar un grano, excava un hoyo por masticación y deposita un huevecillo, posteriormente secreta un mucílago que cubre a éste hasta llenar el compartimiento. Este mucílago que sostiene al huevecillo es la única evidencia del grano infestado. Los huevos pueden ser ovipositados en cualquier zona del grano, pero pocos son colocados a nivel del embrión. Usualmente se coloca más de un huevo por grano, pero es raro que más de una larva llegue a la madurez debido al canibalismo entre ellas. Esta especie presenta cuatro estadios larvales, los cuales se desarrollan dentro del grano y duran alrededor de 20 días. El huevo eclosiona después de 6 días e inmediatamente después de que la larva emerge, se inicia el primer instar y la larva consume el alimento que le rodea dentro del grano. Al final del cuarto instar la larva utiliza una mezcla de secreciones para desplazarse y cerrar la madriguera e iniciar la forma pupal. La larva entonces asume la forma de pre-pupa y en un período corto de tiempo se convierte en pupa (Longstaff, 1981).

Cuando el adulto se ha desarrollado, este permanece en el grano por varios días antes de emerger. La extensión de este periodo depende de la temperatura. El ciclo de vida completo comprende de entre 36.3 y 40.3 días a 27 y 25°C respectivamente. La duración de la fase inmadura depende de las condiciones de temperatura y humedad. Se considera que el primer instar larval es el estado de mayor susceptibilidad. Durante los primeros instares larvales el consumo de oxígeno

aumenta drásticamente (3 y 4 instar). Los requerimientos alimenticios durante estas etapas se resumen en amilopeptinas, proteínas, lípidos y ciertas vitaminas. Durante la fase adulta los cambios en la temperatura fuera del intervalo de 15-30°C incrementa la mortalidad y la reducción en la humedad tiene el mismo efecto. Los adultos llegan a vivir hasta 30 semanas. La reproducción de estos insectos se considera que está en función de la densidad de población, es decir, del número de huevos que puede depositar una hembra durante su vida. Se sabe que se ajusta a una función hiperbólica y que el máximo de huevo generados por hembra en condiciones de baja densidad llega a ser de más de 50 por semana. Una hembra produce hasta 250 huevos en su vida reproductiva. La oviposición depende de factores ambientales entre las que se encuentran el sustrato, es decir, las características del grano, variaciones geográficas, densidad de población, competencia y presencia de parásitos (Dobie, 1974; Longstaff, 1981).

Hábitos de vida de *Sitophilus zeamais*

Las hembras depositan sus huevos en perforaciones que hacen en el grano y luego los cubren con un mucílago transparente. Una hembra produce hasta 250 huevos en su vida reproductiva. Las larvas se alimentan del endospermo del grano, hasta que se transforman en pupa. Cuando se convierten en adultos, perforan el grano y salen al medio ambiente. Su ciclo de vida depende de la temperatura, pero varía entre 30 y 113 días. En zonas templadas hay de 2 a 3 generaciones por año.

Métodos de control para *S. zeamais*

Control Biológico

Anisopteromalus calandrae (Pteromalidae) es el enemigo natural del gorgojo, es una avispa que comúnmente se encuentra en el maíz almacenado junto con *S. zeamais*. Se le identifica fácilmente porque es pequeña y tiene una tonalidad verde metálico.

La avispa primero localiza la galería que formó la larva del gorgojo, después introduce su ovipositor en el pericarpio y coloca un huevecillo muy cerca de la larva del gorgojo; eclosiona y se ancla a su hospedante. La larva de la avispa se desarrolla a expensas de su hospedero. Por último, la avispa emerge después de 14 días. La larva del gorgojo muere (Bergvinson, 2007).

Prácticas culturales para el control del gorgojo del Maíz

Para el gorgojo del maíz se recomienda aplicar mezclas de agentes protectores (cal, tierra diatomea o tizate) entre capa y capa de grano. En pruebas de laboratorio y campo se ha demostrado que evitan el libre movimiento de los insectos, ya que las sustancias se adhieren a su cutícula, causándoles serios daños y en algunos casos la muerte (Bervinson, 2007).

Se recomienda además el uso de las siguientes plantas como agentes repelentes: epazote común, harina de chícharo, hojas de eucalipto, hojas del árbol Neem u hoja de maravilla que pueden reducir hasta en un 25% la presencia del gorgojo. (Bervinson, 2007).

Control físico

Las temperaturas extremas son usualmente las más utilizadas como método de control físico ya que los insectos no pueden desarrollarse y reproducirse bajo los 13 °C y sobre los 35 °C (Fields y Muir, 1996). Dentro de la agricultura tradicional una práctica común es la exposición del grano al sol debido a que los insectos no toleran las elevadas temperaturas (Lindbland y Druben, 1979). Un ejemplo del uso de las bajas temperaturas, se da al exponer la semilla en lugares de otoños e inviernos fríos debido a que las bajas temperaturas reducen la tasa de desarrollo, la alimentación, fecundidad y porcentaje de supervivencia de los insectos (Fields y Muir, 1996).

Radiación

Se han utilizado radiaciones de varios tipos con la finalidad de evitar o reducir las infestaciones de insectos plaga de los granos almacenados. La radiación gamma con cobalto 60 como fuente radiactiva es el método más común para irradiar alimentos pudiendo penetrar alimentos sólidos entre 25 a 50 mm (Aguilera *et al.*, 1991). Según Fields y Muir (1996), para desinfectar granos o harina se necesitan concentraciones entre 0.2-1.0 kg y aunque hacen la aclaración que esta concentración no mata a toda la población, los pocos sobrevivientes tendrán menor actividad fágica y sin lugar a dudas serán estériles.

Control químico

Los productos autorizados por CICLOPLAFEST (1994) son como: clorpirifos metil, deltametrina, diclorvos (Naled), fenitrothion, foxim, malatión y pirimifos metil.

Los productos utilizados durante la movilización de grano que se pueden utilizar son líquidos o polvos residuales como Carbaryl y endosulfán que se espolvorean o fumigan sobre el grano, generalmente se prefiere la pulverización porque de esta manera se logre la distribución más uniforme. En muchos casos, los inertes que acompañan a los plaguicidas en polvo pueden afectar la residualidad del mismo; además, la tensión del vapor de los líquidos les otorga a estos la posibilidad de actuar con mayor rapidez y ejercer control parcial sobre las formas jóvenes u ocultas. Cabe citar que algunos inertes minerales que se encuentran en la formulación de los polvos pueden disminuir el peso hectolítrico del grano (García *et al.*, 2003).

Un control curativo se realiza con fumigantes tales como: bromuro de metilo, fosforo de aluminio y fosforo de magnesio. Con el objetivo de eliminar una plaga presente. Controla la infestación pero no brinda ningún tipo de protección contra futuras infestaciones. Generalmente para este tipo de control se utilizan gases que actúan por inhalación. Requiere el mayor grado de hermeticidad posible y un tiempo de

exposición determinado. Son influenciados por temperatura, método de aplicación, etc. Dentro de esta rama el producto más difundido comercialmente es Fosfuro de aluminio, este se presenta en pastillas, comprimidos y bolsitas; esta última forma es más aconsejable puesto que el Fosfuro de aluminio deja como residuos óxidos de aluminio, hasta un uno por ciento de fosfuro sin reaccionar (García *et al.*, 2003).

Variedades resistentes

García *et al.*, (2003) *S. zeamais*, el gorgojo del maíz es uno de los insectos más destructivos del grano almacenado y cuyo control es difícil de lograr. Sin embargo, se han caracterizado variedades de maíz resistentes a esta plaga. Estructuralmente, los mecanismos de resistencia en estas variedades se localizan en el pericarpio, la aleurona y el endospermo. Las bases bioquímicas de estos mecanismos de resistencia se deben en parte a los niveles elevados de compuestos fenólicos que limitan la entrada del insecto al grano y disminuyen la disponibilidad de nutrientes. Los ácidos fenólicos se encuentran enlazados con los carbohidratos de la pared celular y son considerados particularmente importantes en el fortalecimiento del pericarpio. La herencia de este mecanismo es poligénica con efectos maternos dominantes. La investigación en curso sugiere que los marcadores moleculares y genes asociados con la resistencia podrán en un futuro utilizarse en el desarrollo de nuevas variedades de maíz resistentes a esta plaga. Actualmente existen variedades nativas y criollos con resistencia al gorgojo del maíz, entre los cuales se cuentan accesiones de Sinaloa y Yucatán, y de regiones del Caribe.

Insecticidas de origen botánico

Los extractos de origen vegetal han sido usados como productos insecticidas desde la antigüedad. En muchas regiones del mundo, especialmente en las comunidades indígenas donde se produce para el autoconsumo, esta práctica se ha seguido usando a través de generaciones y representan un recurso renovable, más accesible y económico que los insecticidas químicos sintéticos. El auge de la Agricultura

Ecológica en los países industrializados, que autoriza el uso de estos compuestos, ha hecho resurgir su interés económico y la búsqueda de plantas con nuevas actividades insecticidas. La comercialización de insecticidas de origen botánico, basados en extractos de plantas activas, ha experimentado un incremento considerable en los últimos años. Actualmente, representan un 1% del mercado mundial de insecticidas y con incrementos anuales entre el 10 y el 15% (George *et al.*, 2000)

La primera generación de insecticidas de origen botánico incluye extractos y compuestos derivados metabolitos secundarios de plantas tales como piretrinas, rotenoides y alcaloides. Algunos de estos compuestos fueron la base para la elaboración de insecticidas sintéticos de segunda generación, como es el caso de las piretrinas naturales obtenidas de flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Asteraceae) que dieron origen a los piretroides sintéticos. Entre los rotenoides, la rotenona, obtenida principalmente de las raíces de algunos géneros la familia Leguminosae (*Derris*, *Lonchocarpus*), ha sido ampliamente usada como insecticida. El alcaloide más importante como insecticida es la nicotina, que se extrae de las hojas de al menos 18 especies del género *Nicotiana* (Solanaceae) (George *et al.*, 2000).

Metabolitos secundarios

Algunos productos del metabolismo secundario tienen funciones ecológicas específicas como atrayentes o repelentes de animales. Muchos son pigmentos que proporcionan color a flores y frutos, jugando un papel esencial en la reproducción atrayendo a insectos polinizadores, o atrayendo a animales que van a utilizar los frutos como fuente de alimento, contribuyendo de esta forma a la dispersión de semillas (Avalos, 2009).

Otros compuestos tienen función protectora frente a predadores, actuando como repelentes, proporcionando a la planta sabores amargos, haciéndolas indigestas o

venenosas. También intervienen en los mecanismos de defensa de las plantas frente a diferentes patógenos, actuando como pesticidas naturales (Avalos, 2009).

Principales clases de metabolitos secundarios

Terpenos:

Se conocen unos 25.000 y todos ellos poseen un precursor de 5 carbonos que es el isopreno. Es el grupo que presenta una mayor diversidad estructural, e incluye aceites esenciales, resinas, fitoesteroides, piretrinas de origen natural y saponinas (Avalos, 2009).

Compuestos fenólicos:

Se conocen unos 8000 compuestos fenólicos y todos ellos provienen de la ruta del ácido siquímico. Algunos de los más conocidos son las quinonas, cumarinas, ligninas y taninos (Avalos, 2009).

Policetometilenos:

Se conocen alrededor de 6000 compuestos de este tipo, que provienen de la ruta biosintética del acetato, vía malonil-coenzima A (Avalos, 2009).

Alcaloides:

Se han descrito alrededor de 12.000. Todos ellos poseen al menos un átomo de nitrógeno en su estructura. Se sintetizan principalmente a partir de aminoácidos (Avalos, 2009).

Según Caballero (2004), los metabolitos se pueden clasificar de la siguiente manera (Cuadro 1):

Cuadro 1.- Modo de acción de metabolitos secundarios sobre insectos.

Compuesto	Modo de acción
Alcaloides	Interfieren en la replicación de DNA Interfieren con el transporte en membranas Inhibición de enzimas Agonista de la Acetil Colina
Flavonoides	Inhibición de NADH deshidrogenasa en el transporte respiratorio de electrones
Terpenoides	Repelentes y disuasorios Interfieren en el desarrollo de la hormona de la muda y de la hormona juvenil Inhibidores de la síntesis de quitina Inhibición de hormonas digestivas
Glicósidos cianogénicos	Inhibición de la citocromo oxidasa en el transporte respiratorio de electrones
Glucosinolatos	Repelentes y disuasorios
Cumarinas	Reaccionan de forma irreversible con el DNA
Taninos y Ligninas	Reductores de la digestibilidad
Quinonas	Reductor de la digestibilidad
Piretrinas	Actúan sobre los canales de sodio de las neuronas interfiriendo con el impulso nervioso
Saponinas	Repelentes y disuasivos Alteran la estructura de las membranas

Extractos vegetales como insecticidas

Menta (*Mentha sativa L.*)

El cultivo de hierbabuena (*Mentha sativa L.*) es originaria de Europa, es una especie de importancia debido a que reúne buenas características culinarias y agronómicas. Además es muy utilizada para aromatizar platos de la cocina tradicional de varios países; siendo también de consumo medicinal, y materia prima en la industria (Orellana, 2013).

Clasificación taxonómica

Según la Terranova (2001) la hierbabuena tiene la siguiente clasificación:

Phylum: Euphyta

Reino: Vegetal

División: Angiospermae

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Tubiflorae

Familia: Labiatae

Género: *Mentha*

Especie: *sativa L.*

Canela *Cinnamomum zeylanicum*

Es una de las especias más antiguas, se conoció y usó antes de la era cristiana por los chinos. La comercializaron los fenicios, fue utilizada por los egipcios y los romanos como aromatizante, conservador y embalsamante. Fue una de las especias que motivaron, con el conjunto de otras, a descubrir nuevas rutas geográficas e inspirar grandes hazañas (Gonzales, 2010).

Se trata de una planta perteneciente a la familia de las Lauráceas. Su nombre técnico es *Cinnamomun zeylanicum* Nees. Conocida comúnmente en México como canela (Gonzales, 2010).

Clasificación taxonómica

Según Gómez (2012) la canela se clasifica:

Reino: Plantae

Division: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: *Lauraceae*

Género: *Cinnamomum*

Especie: *verum*

Chile

Uno de los principales atributos de la calidad en los frutos del género *Capsicum*, además del color, el sabor y el aroma es el picor. El picante es debido a la presencia de unos compuestos denominados capsaicinoides que están presentes en su mayoría en la placenta del fruto. Estos compuestos contribuyen al picor tanto por el número y tipo de capsaicinoides presentes como por la cantidad de cada uno de ellos (Morales, 2002).

Los capsaicinoides también poseen propiedades analgésicas, antiinflamatorias, antioxidantes e incluso anticancerígenas al inhibir el crecimiento dependiente de andrógenos en células cancerígenas de seno, colon, adenocarcinoma gástrico y de próstata (Lobato, 2014).

Clasificación taxonómica

La siguiente clasificación taxonómica fue elaborada por Carlos Linneo (1753):

Reino: Plantae

División: Magnoliofita

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanácea

Género: *Capsicum*

Especie: *annum* L.

Ajo

El Ajo (*Allium sativum*) pertenece a la familia liliaceae, cuyo origen se identifica en la región montañosa de Asia Central (Kehr, 2002).

El ajo se le reconoce efectos farmacológicos, como bactericida, acción anticuagulate, y anticolesterol, y sus efectos beneficios en el tratamiento del asma, cáncer, diabetes, y otros. En la agricultura también se le ha dado uso en la agricultura orgánica como insecticida, y hasta bactericida y fungicida, debido a sus propiedades químicas que tienen un buen resultado para control de áfidos, moscas blancas, chinche, moscas, zancudos, nematodos y bacterias y hongos (Aguilera, 2002).

Ubicación taxonómica

Según el ITIS (2016), el ajo se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Division: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asparagales

Familia: Liliaceae

Género: *Allium*

Especie: *sativum* L.

Tomillo

El tomillo (*Thymus vulgaris*) pertenece a la familia Lamiaceae (Lizcano, 2007). La composición química de las ramas contienen flavonoides, derivados del apigenol, y del luteolol; ácidos fenólicos, caféico, rosmarinico, clorogénico, ácidos triterpenicos, ursólico, y oleanoico; saponinas, contiene también elementos minerales. El aceite esencial contiene carvacrol y timol. También contiene p-cimeno, terpinenos, linalol, borneol, y sus ésteres acéticos, ciñelo, gerañiol, cariofileno (Rovetto, 2009).

Clasificación Taxonómica

Clasificación taxonómica del Tomillo según Solís (2011) es la siguiente:

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales.

Familia: Lamiaceae.

Género: *Thymus* L.

Especie: *vulgaris* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Toxicología del departamento de Parasitología, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, sede Saltillo Coahuila, México.

Materiales utilizados

Para establecer el experimento, se utilizó una población de *S. zeamais* previamente identificada y proporcionada por el laboratorio de Toxicología del departamento de Parasitología, para realizar dichos bioensayos, se mantuvieron en frascos de 4 L con 2 kg de maíz, en una cámara bioclimática en condiciones de temperatura de $27^{\circ}\text{C} \pm 2$.

Los extractos vegetales fueron proporcionados por el laboratorio de toxicología, conservados durante las pruebas de bioensayos en condiciones de oscuridad y temperatura de $27^{\circ}\text{C} \pm 2$, con la finalidad de evitar el deterioro de la formulación de aceites por los rayos de luz.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones cada uno y un testigo absoluto

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza y una prueba de Tukey $\alpha=0.05\%$ utilizando el programa SAS v9.0.

Estimación de las concentraciones letales

Para los extractos que obtuvieron un porcentaje prometedor de mortalidad se determinó la CL_{50} y CL_{90} mediante un análisis con el programa Probit.

Metodología

La metodología usada fue película residual propuesta por el IRAC (2009) con ligeras modificaciones, el cual consistió en obtener una solución madre emulsificada de cada uno de los extractos, utilizando una parrilla calefactora con agitador de imán a una velocidad de 4 durante 5 minutos.

Una vez que se obtuvo la concentración deseada se aplicó un mililitro de emulsión a cada caja Petri, dispersándolo por toda la superficie de la caja para formar una cobertura total; posterior a esto, se dejó reposar en la cámara bioclimática hasta secar, una vez secadas las cajas se colocaron 10 insectos adultos de *S. zeamais* en cada una. La evaluación de la mortalidad se realizó a las 24, 48 y 72 horas después de la aplicación. Se consideró individuo muerto aquel que no presentara ninguna señal de movimiento.

En el cuadro 2 se presentan los extractos vegetales utilizados:

Cuadro 2.- Especies vegetales utilizadas en el control de *S. zeamais* en Maíz almacenado.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Parte usada	Lugar de colecta
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Liliaceae	Bulbo	Coahuila
Canela	<i>Cinnamomun verum</i>	Lauraceae	Tallo	Coahuila
Capsicina	<i>Capsicum annum</i>	Solanaceae	Fruto	Coahuila
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	Hoja	Coahuila
Menta	<i>Mentha piperita</i>	Labiataeae	Hoja	Coahuila

En el Cuadro 3 se muestran las concentraciones utilizadas para cada extracto vegetal.

Cuadro 3.- Concentraciones utilizadas en cada extracto vegetal.

Aceites vegetales	Dosis ppm				
Tomillo	9000	7000	5000	3000	1000
Ajo	9000	7000	5000	3000	1000
Menta	9000	7000	5000	3000	1000
Capsicina	9000	7000	5000	3000	1000
Canela	9000	7000	5000	3000	1000

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran las medias estadísticas de cada uno de los extractos evaluados a las 72 horas (Cuadro 4).

Cuadro 4.- ANOVA Obtenido según el programa SAS.

	GL	SC	MC	FC	Pr>F
Extractos	5	17838.7882	3567.75764	7.42	0.002
Error	24	11534.2535	480.59389		
Total	29	29373.0417			

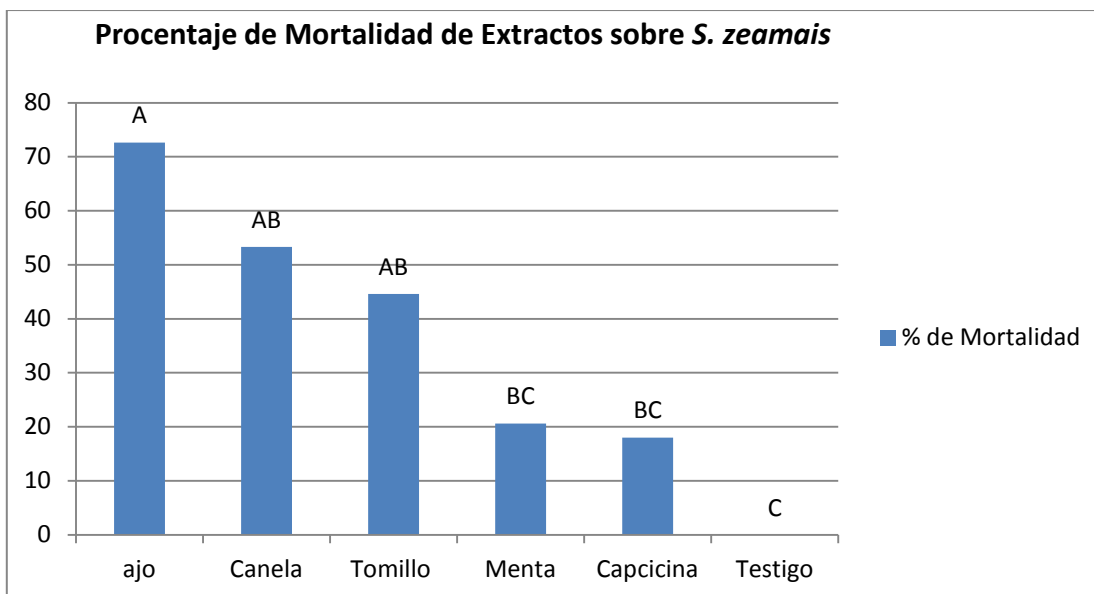
Los mejores extractos de acuerdo a la agrupación Tukey ($\alpha=0.05$) fueron: Ajo, canela y Tomillo (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Medias y agrupaciones según la prueba de Tukey.

Extracto	Media	Grupo
Ajo	72.6	A
Canela	53.3	AB
Tomillo	44.6	AB
Menta	20.6	BC
Capsicina	18	BC
Testigo	0	C

Significancia $\alpha=0.05\%$

Porcentajes de control obtenidos según el análisis de varianza y la prueba de Tukey $\alpha=0.05\%$.



La gráfica ilustra las agrupaciones de acuerdo a las diferencias estadísticamente significativas que presentaron cada uno de los extractos, se observa que el Ajo muestra diferencia significativa comparado con el resto de los extractos, la Canela y Tomillo no presentan diferencia significativa entre ellos pero si comparándolos con el resto de los extractos.

Capsicina y Menta presentaron medias estadísticas relativamente bajas, por tanto no presentaron diferencia significativa.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que el ajo fue el extracto que mayor control presentó con un 72.6%, esto lo podemos comparar Ifeanyi (2014) reportó un 90% de mortalidad de adultos de *S. zeamais*, por lo que el Ajo representa un mejor control para ambos casos.

La Canela obtuvo un 53.3% de control semejante a lo obtenido por Salvadores (2006), quien reportó una mortalidad de 60% en sus dosis más altas utilizando el mismo extracto de Canela, lo cual se aproxima a los resultados que obtuvimos en este trabajo.

Tomillo presenta un 44.6% de control, de acuerdo a Lagunes y Paez, (1994) mencionan que los extractos se pueden considerar como prometedores para un control siempre y cuando superen el 40% de mortalidad. Así pues podemos observar que Ajo, Canela y Tomillo superan este porcentaje (Grafica 1).

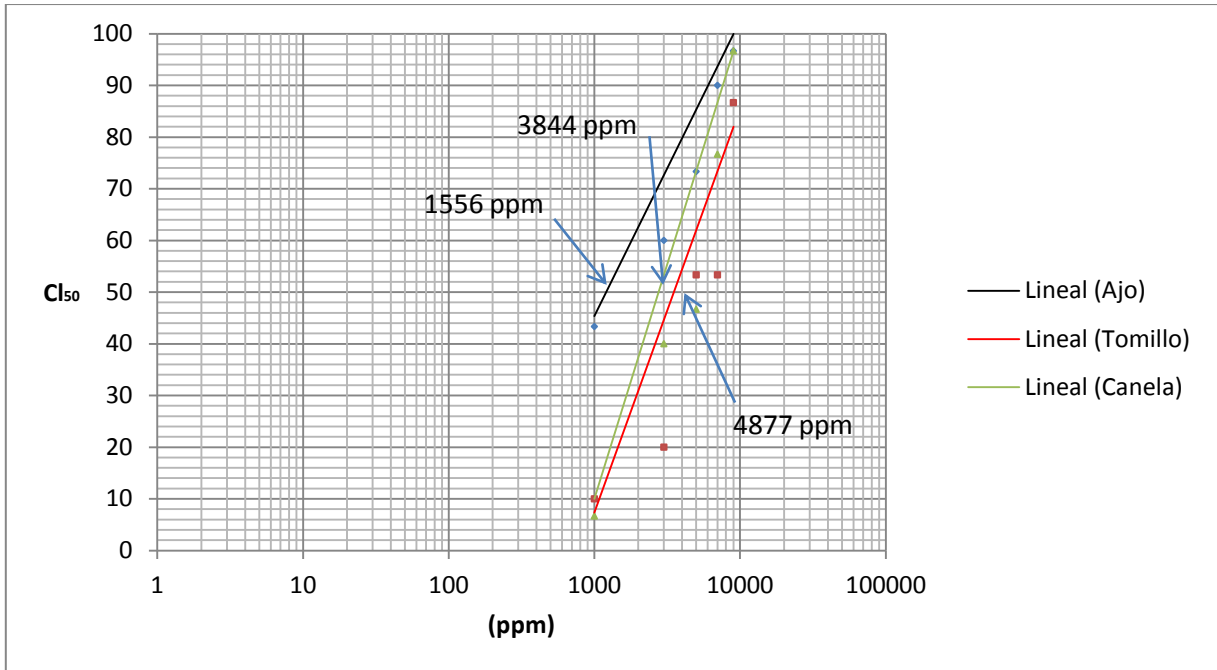
Menta y Capsicicina no presentaron un buen porcentaje de control para *S. zeamais* ya que presentaron un 20.6% y 18% respectivamente.

Cuadro 6.- CL₅₀ y CL₉₀ a las 72 horas después de la aplicación.

Productos	N° de Ind.	CL₅₀	LFI-LFS	CL₉₀
Ajo	150	1556	112.47-2853	8622
Canela	150	3844	1629-6520	10462
Tomillo	150	4877	1843-17539	17118

En el Cuadro 6 se pueden apreciar los resultados obtenidos del programa Probit, donde se obtuvo la CL₅₀ para Ajo, Canela y Tomillo. De acuerdo a las observaciones hechas y datos obtenidos el extracto vegetal que mayor control presenta es el Ajo ya que tiene la CL₅₀ más baja, seguido por Canela y Tomillo.

Grafica 2. Determinación de la CL₅₀ para los extractos vegetales de Ajo, Tomillo y Canela sobre la población de adultos de *S. zeamais*.



En la gráfica se puede observar que las CL₅₀ obtenidas fueron 1556 ppm para Ajo, 3844ppm para Canela y 4877ppm para Tomillo respectivamente.

CONCLUSIONES

El extracto de Ajo, Canela y Tomillo presentaron un porcentaje de mortalidad de 72.6% y 53.3%, y 44.6% respectivamente; por otra parte, Capsicina y Menta, no superan el 40% de mortalidad para el control de *S. zeamais*, por lo que los únicos extractos prometedores son Ajo, Canela y Tomillo.

Dado que Ajo, Canela y Tomillo tienen un porcentaje de control prometedor, podrían ser considerados dentro de un manejo integrado para el control del picudo del Maíz *S. zeamais*.

LITERATURA CITADA

Aguilera P. M. M. 1991. Validación semicomercial de polvos vegetales y minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motsch, *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) en el sur y sureste de México. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de posgraduados, Montecillo México. 138 p.

Arannilewa S.T. 2006. Laboratory evaluation of four medicinal plants as protectans against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Mots). African journal of Biotechnology, vol. 5, pp. 2032-2036.

Avalos G. A. 2009. Metabolitos secundarios de plantas. Reduca (Biología) serie fisiología vegetal.

Arias L. R. 2010. La introducción de canela en esquemas de diversificación productiva. Proyecto de la Universidad Veracruzana.

Arienilmar A. L., Da Silva L. R., Faroni D. A., Guedes N. C., Martins J.H. & Pimentel A.G. 2005. Modelos analíticos do crescimento populacional de *Sitophilus zeamais* em trigo armazenado. Engenharia Agrícola e Ambiental 10:55

Bervingson D. J. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control.

Celis J., Kunadu K. 1992. Pest control by non-chemical methods and reduced levels of chemicals in grain storage: a review. Agro Sur, v.20, p.56-65.

Cázares H. J. 2006. Actividad en *Drosophila melanogaster* y *sitophilus zeamais* (insecta) de aceites esenciales de plantas para combatir insectos en Hidalgo. Tesis.

Caballero G. C. 2004. Efectos de terpenoides naturales y hemisintéticos sobre “*Leptinotarsa decemlineata* (say)(coleoptera:chrysomelidae) y “*Spodoptera exigua* (hübner)(lepidoptera:nocturnae). Tesis doctorado, España.

CONABIO, Información taxonómica de la mostaza (*Brassica juncea*) disponible en:
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21409_especie.pdf

CONABIO. 2016. Información general y taxonómica de la menta (*Mentha sativa* L). Consultado en Febrero 2016. Disponible en:
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/lamiaceae/mentha-rotundifolia/fichas/ficha.htm#3>. Identificación y descripción

Cabrera R. J., Hernández M. G., Hernández B., Camacho T. P. y Granada C. L. 2007. Producción de Clavo (Thunb) Aint. En Morelos. Folleto técnico # 26.

Casini C. & Santajuliana M. 2008. Control de plagas en granos almacenados. Consultado en febrero de 2016. Disponible: [http:// www. cosechay postcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp](http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp)>

Dell'orto H. y Arias C. 1983. Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile. Santiago, Chile: FAO/INIA. 67p

Dobie P. 1974. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Mosth (Coleoptera, Curculionidae).

Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola (DGIEA). 1991. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica.

Cerna C. E. 2010. Evaluación de extractos y aceites vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. Rev. FCA UNCuyo. Tomo 42. N° 1. 135 – 145.

FAO. 2016. Manual de manejo de post cosecha de granos a nivel rural. Consultado en marzo. Disponible en: [http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0i.htm#Controles curativos](http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0i.htm#Controles%20curativos).

Fields P. and Muir W. 1996. Physical control. In: Subramanyam, B y D. Hagstrum (Eds). Integrated Management of insects in stored products. Marcel Dekker, Inc. New York. USA p 195-222.

Frans G. 1994. Editor Bib. Orton IIAC; El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. pp 667.

Golob P. and Hanks C. 1990. Protection of farm stored maize against infestation by *Prostephanus truncatus* (Horn) and *Sitophilus* species in Tanzania. Journal of Stored Product Research, v.26, p.187- 198.

Gómez G. 2012. Estimación del efecto inhibitorio de *Aternaria solani* y *Aspergillus flavus* Con cinco extractos vegetales. Sotillo Coahuila, México. Tesis.

García L. S., Andrew J. B., Serratos J. A., Díaz P. D. M., John T. A. y Bergvinson D. J. 2003. Defensas naturales en el grano de maíz al ataque de *Sitophilus zeamais* (Motsch, Coleóptera: curculionidae): mecanismos y bases de la resistencia. UACH. Texcoco, México. http://www.uacj.mx/ICB/RedCIB/REB/2003/09/REB-3_DEFENSAS.pdf.

Gemechu F. 2013. Laboratory evaluation of cotton (*Gossypium hirsutum*) and Ethiopian Mustard (*Brassica carinata*) seed oils as grain protectants against Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* M. (Coleoptera:Curculionidae); African journal of agricultural research, vol. 8(32), p. 4374-4379.

Silva G., Lagunes A. y Rodríguez J. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera:Curculionidae) con polvos vegetales usados solos o mezclados con carbonato de calcio en el Maíz almacenado. Internacional journal on agriculture and natural sources.

George J., Bais H. P. y Ravishankar G. A. 2000. Biotechnological production of plantbased insecticides. Critical Reviews In Biotechnology 20: 49-77.

Gonzales C. V. 2010. Conservación de Mora, uvilla y frutillas mediante la utilización de aceite esencial de canela. (*Cinnamomum zeynalicum*). Riobamba Ecuador, Tesis.

Gonzales M. A., Cruz F. A. y Vega M. J. 2013. Guía técnica del cultivo de Romero (*Rosmarinus officinalis*).

García P. 2009. Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Saltillo Coahuila, México; Tesis.

Hernández G. A. y Carballo C. A. 2014. Almacenamiento y conservación de granos y semillas

Hincapié L. C. 2008. Actividad insecticida de semilla de *Annona muricata* (annonaceae) sobre *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Rev. Colomb. Entomol. Vol. 34 N° 1 Bogotá Colombia.

Ifeanjy D. N. 20014. Evaluation of freshly prepared juice from garlic (*Allium sativum* L.) as a biopesticide against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Plant Protection Research. Vol. 54, N° 2

IRAC 2009. Susceptibility test methods series. Consultado en Marzo de 2016. Disponible en: http://www.irc-online.org/content/uploads/Method_006_v3_june09.pdf

Iannacone J. y Lamas G. 2003. Plantas biocidas usadas en el control de la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Rev. Per. Ent. 43: 79-87.

Iannacone J. y Quispe C. 2004. Efecto insecticida de dos extractos vegetales sobre el gorgojo de Maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: curculionidae) en Perú.

ITIS. 2015. Reporte taxonomía del ajo. Consultado en 02 de febrero del 2016. Disponible en: http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42652#

Kehr M. E. 2002. Cultivo del ajo (*Allium sativum*) para la zona del sur de Chile. Boletín N° 48. Gobierno de Chile.

Larraín P. 1994 Manejo integrado de plagas en granos almacenados. Investigación y Progreso Agropecuario, v.81, p.10-16.

Longstaff B. C. 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. Protection Ecol.

Lindblad C. y Druben L. 1979. Almacenamiento del grano: manejo-secado-silos; Control de insectos y roedores. Editorial Concepto. México D.F.331p.

Mareggiani G. 2001. Manejo de insectos plagas mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. Manejo Integrado de Plagas, v.60, p.22-30.

Mazzonetto F. 2002. Efeito de genótipos de feijoeiro e de pós de origem vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col: Bruchidae). 134p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Moreno H. A. 2010. Introducción de canela en esquemas de diversificación productiva. Universidad Veracruzana, Primera edición. Xalapa Veracruz México.

Martínez L. J. 2008. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con aceites vegetales en semilla de maíz almacenada. Saltillo Coahuila, México; Tesis Maestría. P 22-23.

Metcalf C. L. y Flint W. P. 1982. Insectos destructivos e insectos útiles. Editorial McGRAW-Hill

Ajayi O. E. 2013. Insecticidal Activity of powder and extracts of *Delonix regia* seeds against the weevil maize *Sithophilus zeamais*, (Coleoptera: Curculionidae). Futa Journal of research in science, 2013 (1): 54-62.

Orellana L. J. 2013. Efecto de varias dosis de fertilizante nitrogenado en el comportamiento agronómico del cultivo de hierbabuena (*Mentha sativa* L) en la parroquia Cone provincia de guayas. Milagro, Ecuador; Tesis .

Paez A. 1987. Uso de polvos vegetales e inertes minerales como una alternativa para el combate del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) en maíz almacenado. 135p. Tesis (Magister) - Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, México.

Rastrepo S. J. 2011. Plantas aromáticas y medicinales enfermedades de importancia y usos terapéuticos-medidas para la temporada invernal. Bogotá Colombia.

Rovetto G. 2009. Aplicaciones medicinales del Tomillo. Feria científica 9009. Bolivia UCEBOL.

Rosa A. 2009. El cultivo de Maíz, su origen y clasificación. El Maíz en Cuba. Cultivos tropicales vol. 30, Num. 2. pp- 113- 120.

SIAP-SAGARPA 2012. Reporte Panorama del Maíz en México 2014, citado el 5 de marzo de 2016, disponible en: [http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Ma%C3%ADz%20\(may%202014\).pdf](http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Ma%C3%ADz%20(may%202014).pdf)

Silva G., Lagunes A., Rodríguez J.C. y Rodríguez D. 2001. Insecticidas vegetales; una vieja nueva opción en el manejo de insectos. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, v.66, p.4-12.

Solís C. P. 2011. Evaluación de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de orégano (*Oreganum vulgare*) y Tomillo (*Thymus vulgaris*) Como potenciales bioconservadores. Riobamba, Ecuador. Tesis.

Serratos Hernández José Antonio, 2009. El Origen y la diversidad del Maíz en el continente Americano. 2009.

Silva A. G. 2005. Control de *Sitophilus zeamais*, con polvos vegetales de tres especies del género *Chenopodium*. Pesq. Agropec. Bras. Vol.40 N° 10.

Silva A. G. 2006. Evaluación de Boldo (*Peumus boldus* Molina) y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Mostchulsky.

Weaver D. and Subramanyam B. 2000. Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Boston: Kluwer Academics, 2000. p.303-320.

Yesica S. U. 2006. Polvos de Especies Aromáticas para el Control del Gorgojo del Maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en Trigo Almacenado. Agricultura Técnica (Chile) 67(2):147-154.