

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE POLVOS Y ACEITES VEGETALES EN EL
CONTROL DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

TESIS

Que presenta HECTOR QUIÑONES DENA

Como requisito parcial para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

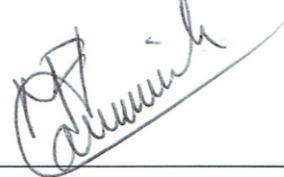
Saltillo, Coahuila

Febrero 2017

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE POLVOS Y ACEITES VEGETALES EN EL
CONTROL DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE).

TESIS

Elaborada por HECTOR QUIÑONES DENA como requisito parcial para obtener el
grado de Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola con la supervisión y aprobación
del Comité de Asesoría



DR. MARIANO FLORES DÁVILA

Asesor principal



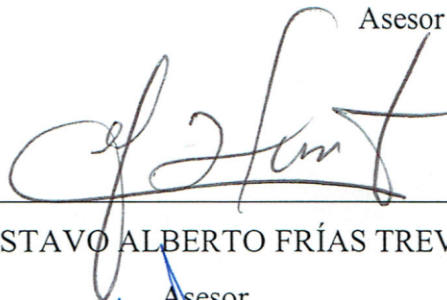
DR. ERNESTO CERNA CHÁVEZ

Asesor



DR. LUIS ALBERTO AGUIRRE URIBE

Asesor



DR. GUSTAVO ALBERTO FRÍAS TREVIÑO

Asesor



DR. ALBERTO SANDOVAL RANGEL

Subdirector de Postgrado
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Febrero 2017

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Mi Alma Terra Mater), por recibirme nuevamente en su seno y abrirme sus puertas para continuar con mi preparación académica.

Al Dr. Mariano Flores Dávila por su sincera amistad, conducción, revisión y culminación de este y muchos trabajos; y por supuesto, por la confianza depositada en mi para llevarlos a cabo.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez por sus valiosos consejos, conocimientos y experiencias, que han sido imprescindibles para la realización de esta investigación.

Al Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe por su amistad, ayuda y colaboración en el presente trabajo y por sus valiosos consejos.

Al Dr. Gustavo Alberto Frías Treviño por su colaboración y apoyo incondicional en todo lo relacionado con este trabajo.

Me gustaría destacar lo difícil que puede resultar escribir esta parte, ya que la realización de esta tesis ha implicado a muchas personas de manera directa como de modo más indirecto. Gracias a todos.

Dedicatorias

A DIOS, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, y sobre todo haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor

A MI ESPOSA LETY *gracias AMOR tú eres mi compañera ideal, la mujer más hermosa y maravillosa del mundo, aquella con que siempre puedo contar en todo momento, la que siempre me brinda su amor incondicional sin importar lo que pase. Gracias por tu apoyo constante, por ser mi fuerza en todos estos momentos que hemos pasado. Gracias por hacer de la vida algo hermoso. Te Amo. Te amo con todo mi corazón y siempre lo haré.*

A MIS HIJOS HECTOR, FRANCISCO GIOVANNI y BRUNO IVAN, *ustedes son la luz de mi vida, lo que me anima a seguir, son el origen de mis desvelos, de mis preocupaciones y de mis ganas de ser mejor persona. No hay día que no agradezca al cielo que me pusiera a mis hijos en mi vida. Los amare por siempre.*

A MI PADRES, PORFIRIO y LUCIA (QEPD) *por haberme apoyado en todos mis momentos, por sus consejos, sus valores, Los quiero*

A MIS HERMANOS ARMANDO, MARTHA(QEPD) Y J. LETICIA, *con cariño, quienes me han estado apoyando en mis diferentes etapas*

Índice general	
<i>Agradecimientos</i>	iii
<i>Dedicatorias</i>	iv
Lista de cuadros	viii
Lista de figuras	ix
Resumen	x
Summary	xii
INTRODUCCION	xii
Justificación.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Generalidades del maíz.....	3
Origen.....	3
Clasificación Taxonómica.....	4
Descripción Botánica.....	4
Importancia del Maíz.....	5
Almacenamiento de granos y semillas.....	5
Principales plagas de los granos y semillas en almacén.....	6
Gorgojo del maíz.....	6
Importancia Económica.....	6
Ubicación Taxonómica.....	7
Biología y Hábitos.....	7
Distribución.....	9
Importancia de los insecticidas de origen botánico.....	9
Polvos.....	11
Aceites.....	11
Descripción de las plantas bajo estudio.....	12
Ajo	13
Ubicación Taxonómica.....	13

Descripción	13
Características agronómicas.....	13
Usos del ajo.....	14
Canela	15
Ubicación Taxonómica	15
Descripción	15
Características agronómicas.....	15
Usos de la canela.....	16
Chile	17
Ubicación Taxonómica	17
Descripción	17
Características agronómicas.....	18
Usos del chile.....	18
Clavo	18
Ubicación Taxonómica	18
Descripción	19
Características agronómicas.....	19
Menta	19
Ubicación Taxonómica	19
Descripción	20
Características agronómicas.....	20
Usos de la menta	20
Pimienta Negra	21
Ubicación Taxonómica	21
Descripción	21
Características agronómicas.....	21
Usos de la pimienta negra	22
Romero	22
Ubicación Taxonómica	22
Descripción	22
Características agronómicas.....	22
Usos del romero	23

Ruda	23
Ubicación Taxonómica	23
Características Agronómicas.....	23
Usos de la ruda.....	24
Tomillo	24
Ubicación Taxonómica	24
Descripción	24
Características agronómicas.....	24
Usos del tomillo	25
Alilo	25
Descripción	25
Usos del alilo.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS	27
Materiales.....	28
Metodología	28
Productos evaluados.....	28
Evaluación.....	29
Evaluación de aceites vegetales	30
Productos evaluados.....	30
Evaluación.....	31
RESULTADOS Y DISCUSION	34
Polvos.....	34
Aceites	35
Concentraciones Letales (CL).....	37
CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	50

Lista de cuadros

Cuadro 1 Clasificación Taxonómica del Maíz (USDA, 2016).....	4
Cuadro 2. Clasificación Taxonómica del gorgojo del maíz.....	7
Cuadro 3. Especies Vegetales bajo estudio para el control de <i>Sitophilus zeamais</i> M. en granos de maíz almacenado.....	12
Cuadro 4. Ubicación Taxonómica del ajo	13
Cuadro 5. Ubicación Taxonómica de la canela	15
Cuadro 6. Ubicación Taxonómica del chile.	17
Cuadro 7. Ubicación Taxonómica del clavo.....	18
Cuadro 8. Ubicación Taxonómica de la menta.....	19
Cuadro 9. Ubicación Taxonómica de la pimienta negra.....	21
Cuadro 10. Ubicación Taxonómica del romero.....	22
Cuadro 11. Ubicación Taxonómica de la ruda.	23
Cuadro 12. Ubicación Taxonómica del tomillo.....	24
Cuadro 13. Especies vegetales evaluadas para el control de <i>S. zeamais</i> en granos de maíz almacenado bajo condiciones de laboratorio.	29
Cuadro 14. Especies vegetales evaluadas para el control de <i>S. zeamais</i> en granos de maíz almacenado bajo condiciones de laboratorio.	31
Cuadro 15. Mortalidad de adultos <i>S. zeamais</i> tratados con polvos vegetales.....	34
Cuadro 16. Mortalidad de adultos <i>S. zeamais</i> tratados con aceites vegetales.....	36
Cuadro 17. Concentraciones letales CL ₅₀ y CL ₉₅ con intervalos de confianza de los aceites vegetales evaluados para el control de adultos <i>S. zeamais</i>	38

Lista de figuras

Figura 1. <i>Sitophilus zeamais</i> M.....	9
Figura 2. Polvos y aceites vegetales en estudio.	11
Figura 3. Ubicación donde se llevó a cabo el estudio.....	27
Figura 4. Plan de trabajo para la evaluación de polvos vegetales en el control de adultos de <i>S. zeamais</i>	30
Figura 5. Plan de trabajo para la evaluación de aceites vegetales en el control de adultos de <i>S. zeamais</i>	32
Figura 6. Plan de trabajo para la evaluación de aceites vegetales en el control de adultos de <i>S. zeamais</i>	33
Figura 7. Mortalidad de adultos de <i>S. zeamais</i> tratados con polvos vegetales.....	35
Figura 8. Mortalidad de adultos de <i>S. zeamais</i> tratados con aceites vegetales.	37

Resumen

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE POLVOS Y ACEITES VEGETALES EN EL CONTROL DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE).

HECTOR QUIÑONES DENA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO

DR. MARIANO FLORES DAVILA - DIRECTOR DE TESIS

SALTILLO, COAHUILA

FEBRERO 2017

El maíz es el cultivo más importante de México, utilizado para consumo humano, animal e industrial, una de las plagas más importantes en maíz almacenado es el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleóptera: Curculionidae); plaga de la cual se estiman pérdidas en postcosecha de 5 a 10 % de la producción mundial. Para su control se han utilizado insecticidas químicos, ocasionando problemas de resistencia, contaminación del ambiente y residuos en alimentos durante su almacenamiento. Una alternativa a este problema es el uso de productos naturales derivados de plantas, que son biodegradables, no producen desequilibrio en el ecosistema ni efectos a la salud. En la presente investigación se evaluaron polvos y aceites vegetales sobre la mortalidad de *S. zeamais*. Para polvos se utilizaron concentraciones de 1.0, 2.0 y 3.0 gr de cada uno de los polvos por cada 500 gr de maíz. Posteriormente se procedió a infestar cada recipiente con 30 insectos adultos de *S. zeamais*. evaluándose la mortalidad a los 15 días después de exponer los insectos al maíz tratado. Mientras que para aceites se utilizaron concentraciones de 9000, 7000, 5000, 3000 y 1000 ppm; colocando 1 ml de la mezcla en la base y 1 ml en la tapa de las cajas Petri para formar una película residual; se dejó secar durante 10 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente se colocó en cada caja Petri 10 adultos, de *S. zeamais*. El diseño que se utilizó fue un completamente al azar. Los datos se evaluaron a las 72 h después de la aplicación. Polvos y aceites se les realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey y solo para aceites se realizó el análisis PC-Probit para la CL₅₀. Para polvos la mayor mortalidad se obtuvo en la concentración de 3.0 gr, donde pimienta negra y ruda presentaron 68.84 y 60.42 % de mortalidad, mientras que los demás polvos evaluados mostraron porcentajes de control menores al 50%. Para aceites, la mayor mortalidad se obtuvo en la concentración de 9000 ppm, donde ajo y pimienta negra presentaron concentraciones de 60.38 y 52.47 % de mortalidad mientras que los demás aceites evaluados mostraron porcentajes de control menores al 50%. Los polvos vegetales de pimienta negra y ruda, aceites de ajo y pimienta negra presentan un alto potencial para ser implementados en el manejo del *S. zeamais* en granos almacenados de maíz.

Palabra clave: Aceites vegetales, gorgojo del maíz, granos almacenados, insecticidas botánicos, polvos vegetales.

Summary

**BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF PLANT POWDERS AND OILS FOR
CONTROLLING *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)**

HECTOR QUIÑONES DENA

**MASTER OF SCIENCE
AGRICULTURAL PARASITOLOGY**

AGRARIA ANTONIO NARRO AUTONOMOUS UNIVERSITY

DR. MARIANO FLORES DAVILA - ADVISER

SALTILLO, COAHUILA

FEBRERO 2017

Corn is the largest crop in Mexico, it is used for human and animal, animal consumption as well as for industrial purposes. *Sitophilus zeamais* (Coleóptera: Curculionidae). Is the most important stored corn pest. Estimated losses associated with this pest worldwide are 5-10%. Use of chemical insecticides for insect control may induce pest resistance, environmental pollution and food contamination during storage. Powders and oils extracted from plants may be used to control *S. zeamais* with important advantages over pesticides, such as non-toxic to humans, ecosystem safe, and biodegradable. The effect of powders and oils prepared from plants were evaluated, (powders and oils of *Allium sativum*. (garlic), *Cinnamomum verum* J. (cinnamon), *Capsicum annuum* L. (hot pepper), *Syzygium aromaticum* L. (Clove), *Mentha piperita* L. (Mint), *Piper nigrum* L. (black pepper), *Rosmarinus officinalis* L. (Rosmary), *Ruta graveolens* L. (rue), *Thymus vulgaris* L. (thyme) and allyl (commercial product).) on *S. zeamais* mortality. Plant powders at concentrations of 1.0, 2.0 and 3.0 g per 500 g of corn meal; thirty adults of *S. zeamais* were added to the mixture. *S. zeamais* Mortality was evaluated after 15 days storage. Containers with plant oil-residual films at concentrations of 9000, 7000, 5000, 3000, and 1000 ppm. 1 ml of plant oil extract was added a petri dish and allowed to dry off for 10 min to room temperature. Ten *S. zeamais* were placed in the Petri dish and incubated at room temperature for 72 h and adult mortality evaluated. Four replicates under a completely randomized design were used to compare mortality means between controls and plant oils treated dishes. Additionally a PC-Probit analysis was performed to calculate. LC_{50} and LC_{95} . Highest mortality in treatments with plant powders occurred in treatments with at concentration of 3.0 gr, black pepper and rue presented 68.84 and 60.42% of mortality, respectively. Others powders evaluated showed percentages of control under 50%. Highest mortality for plant oils were observed at a concentration of 9000 ppm garlic and black pepper had 60.38 and 52.47% mortality while other tested oils showed percentages of less than 50% control. Black pepper and rue plant powders have a high potential for controlling *S. zeamais* in stored corn.

Keys Words: vegetable oils, weevil's stored grains, corn, vegetable powders, botanical insecticide

INTRODUCCION

El maíz a nivel mundial es una de las especies con gran diversidad biológica, ocupando el tercer lugar en importancia después del trigo y el arroz. La mayor parte de la producción de maíz ocurre en los Estados Unidos, China y Brasil, países que, en conjunto, obtienen el 73% de la producción global anual, estimada en 456.2 millones de toneladas. (ARS/USDA, 2014). México es el séptimo productor de maíz en el mundo; actualmente produce 23,273,256.54 de toneladas sobre una superficie de 7,426,412.19 de hectáreas, equivalente al 3% de la producción mundial. El maíz es el cultivo más importante de México; utilizado para consumo humano, animal e industrial, (SAGARPA-SIAP, 2014). Diversos factores contribuyen a pérdidas en poscosecha del maíz; 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 necesarios 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, 1994). Una de las plagas más importantes en maíz almacenado es el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), que causa daño en granos almacenados principalmente en almacenes que carecen de condiciones óptimas para el almacenamiento de los granos y semillas; siendo considerado un problema serio en la agricultura tradicional (Cruz *et al.*, 2015). Cerna *et al.* (2010) mencionan que *S. zeamais* es una de las especies de gorgojos que mayores pérdidas causa en granos almacenados en el mundo y su control se basa principalmente en productos sintéticos, que con el paso del tiempo resultan menos efectivos. Para minimizar estas pérdidas, normalmente se utilizan mezclas de insecticidas y fungicidas químicos con el fin de proteger a las semillas durante su almacenamiento, sin embargo; los productos químicos y las dosis aplicadas pueden causar toxicidad tanto a la semilla como a las plántulas, así mismo con frecuencia conducen a problemas de resistencia, contaminación del ambiente y residuos en alimentos (Silva *et al.*, 2003). Una alternativa a este problema es el uso de productos naturales derivados de plantas, que generalmente son biodegradables y no producen desequilibrio en el ecosistema (Iannacone y Reyes, 2001; Iannacone y Lamas, 2003). Con el objetivo de minimizar los efectos indeseables de los insecticidas químicos sintéticos, el control de esta plaga con polvos y extractos

vegetales es una opción promisorio de bajo costo y segura para los aplicadores y consumidores (Cardoso *et al.*, 2014).

Justificación

El uso continuo de insecticidas químicos ha generado resistencia, contaminación del ambiente y residuos en alimentos por lo que el uso de polvos y aceites disminuirá el uso de insecticidas convencionales (sintéticos).

El uso de polvos y aceites vegetales se consideran como alternativa viable al uso de insecticidas químicos ya que son biodegradables y no producen desequilibrio en el ecosistema.

Objetivo General

Determinar bajo condiciones controladas la efectividad biológica de nueve especies vegetales contra adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

Objetivos Específicos

1. Evaluar la efectividad biológica de nueve polvos vegetales como protector de semilla contra el ataque de adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky.
2. Evaluar la efectividad biológica de diez aceites vegetales contra adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

Hipótesis

Se espera que al menos una de las especies vegetales evaluadas y alguna dosis aplicada tendrá un efecto sobre la mortalidad de *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del maíz

Origen

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano. Las más antiguas civilizaciones de América, desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica– estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta. (Serratos, 2009). El maíz surgió aproximadamente entre los años 8,000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México (Acosta, 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). En la actualidad 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, 2009).

Clasificación Taxonómica

Cuadro 1 Clasificación taxonómica del Maíz (USDA, 2016).

CLASIFICACION TAXONOMICA
Reino: Plantae
Subreino: Tracheobiota
Superdivisión: Spermatophyta
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Sub-clase: Commelinidae
Orden: Cyperales
Familia: Poaceae/Gramineae
Tribu: Maydeae
Género: <i>Zea</i>
Especie: <i>mays</i> L.

Descripción Botánica

El Maíz es una planta 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. (SAGARPA-SIAP, 2016).

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 (SAGARPA-SIAP, 2016).

Importancia del Maíz

El maíz a nivel mundial es una de las especies con una gran diversidad biológica, ocupando el tercer cultivo en importancia después del trigo y el arroz. La mayor parte de la producción de maíz ocurre en los Estados Unidos, China y Brasil, países que, en conjunto, obtienen el 73% de la producción global anual estimada en 456.2 millones de toneladas (ARS/USDA, 2014). México ocupa el séptimo mayor productor de maíz del mundo, actualmente produce 23, 273,256.54 de toneladas de granos de esta especie sobre una superficie de 7, 426,412.19 de hectáreas, equivalente al 3% de la producción mundial. El maíz es el cultivo más importante de México ya que es utilizado para consumo humano, animal e industrial (SAGARPA-SIAP, 2016).

Almacenamiento de granos y semillas

El principio de un buen almacenamiento y conservación de las cosechas representan hoy en día una cuestión vital. Por lo tanto, el propósito del almacenamiento es preservar la calidad de los productos agrícolas después de su cosecha, limpieza y secado. La producción de granos es discontinua y periódica, mientras que su consumo es permanente y no se interrumpe. Para conciliar estos dos aspectos es necesario almacenar la producción agrícola para atender la demanda que se presenta durante el periodo entre cosechas. El contenido de humedad, la temperatura, los hongos, los insectos, las impurezas presentes en la masa de granos, los daños físicos y los roedores son factores que influyen en su conservación durante el almacenamiento. Los métodos de almacenamiento de mayor uso son: almacenamiento a granel y almacenamiento hermético (Arias, 1993).

El mayor problema del almacenaje de granos es la pérdida producida por roedores, insectos, hongos y bacterias, que deterioran y destruyen los alimentos. Este problema es importante para los agricultores de subsistencia, ya que el maíz almacenado es parte de los alimentos básicos consumidos durante el año. En América Latina, entre 30 y 40 % de la producción de maíz se pierde durante su almacenamiento (Lagunes, 1994).

Principales plagas de los granos y semillas en almacén

Entre las especies que son plagas importantes de los cereales almacenados prevalecen tres: el gorgojo de los graneros o del trigo, *Sitophilus granarius* (L.); el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky; y el gorgojo del arroz, *Sitophilus orizae* (L.). No obstante, *S. zeamais* es el principal responsable de las infestaciones en poscosecha, debido a la mayor tendencia de la especie a volar (Fleitas 2007). Cerna *et al.*, (2010) mencionan que *S. zeamais* es una de las especies de gorgojos que más pérdidas causa en granos almacenados en el mundo; su control se basa principalmente en productos sintéticos, que con el paso del tiempo resultan menos efectivos.

Gorgojo del maíz

S. zeamais o gorgojo del maíz es el insecto considerado como la plaga de maíz almacenado más importante a escala mundial. Se estima que genera pérdidas del 20 al 90% en áreas subtropicales y tropicales, afectando principalmente a los agricultores de escasos recursos. En México, la incidencia de esta plaga supera el 80% en regiones húmedas y es la primera causa de daño en poscosecha. El alto costo de los insecticidas, el riesgo de contaminación del ambiente y el peligro potencial que representa su utilización ha hecho necesaria la búsqueda de nuevas opciones de control en el manejo integral de esta plaga (García *et al.*, 2003).

Importancia Económica

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).

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, *S. zeamais* se considera la que más daño puede provocar (Arienilmar *et al.* 2005).

Ubicación Taxonómica

Borrer *et al.* (1989) ubica al gorgojo de maíz en el siguiente arreglo taxonómico:

Cuadro 2. Clasificación Taxonómica del gorgojo del maíz

Clasificación Taxonómica
Reino: Animal
Phylum: Arthropoda
Clase: Hexapoda
Orden: Coleoptera
Suborden: Polyphaga
Superfamilia: Curculionoidea
Familia: Curculionidae
Subfamilia: Rhynchophorinae
Género: <i>Sitophilus</i>
Especie: <i>zeamais</i>

Biología y Hábitos

Los adultos son buenos voladores, lo cual les facilita iniciar sus infestaciones en el campo antes de la cosecha, la hembra adulta con sus mandíbulas abre un agujero en el grano, donde oviposita y luego lo sella con secreciones gelatinosas. Por lo general, solo deposita un huevo por postura y puede poner de 300 a 400 en su vida (cinco meses). Los huevos son ovipositados durante todo el periodo del adulto, pero el 50% de éstos, los oviposita en las primeras cinco semanas, al eclosionar, la larva se alimenta del interior del grano

destruyendo el embrión; la larva pasa por cuatro instares de los cuales el último, llega a medir 4 mm de longitud, al emerger el adulto corta agujeros circulares en la testa y se alimenta del grano. El tiempo de huevo a adulto es de aproximadamente cuatro semanas en condiciones óptimas (30°C y 70% HR) y hasta cinco meses a temperaturas más bajas (Dell' Orto y Arias, 1985).

Según García *et al.* (2007) *S. zeamais* es un gorgojo de aproximadamente cinco mm de longitud, de color pardo negruzco y su cabeza se proyecta en forma de pico; los daños inician cuando el adulto perfora el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman surcos en el endospermo para alimentarse, pasando por un estadio de pupa (inactiva), cuando se convierten en adultos perforan el grano y salen al medio ambiente, para iniciar de nuevo la infestación. El gorgojo del maíz pasa por los estados de huevecillo, larva, pupa y adulto. 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. Después de la eclosión, las larvas que son gusanos pequeños de 2.5 a 2.75 mm de largo, blancos aperlados; 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. Pasan por cuatro estadios larvales, se transforman en pupas que son 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; posteriormente emerge el adulto, este 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).

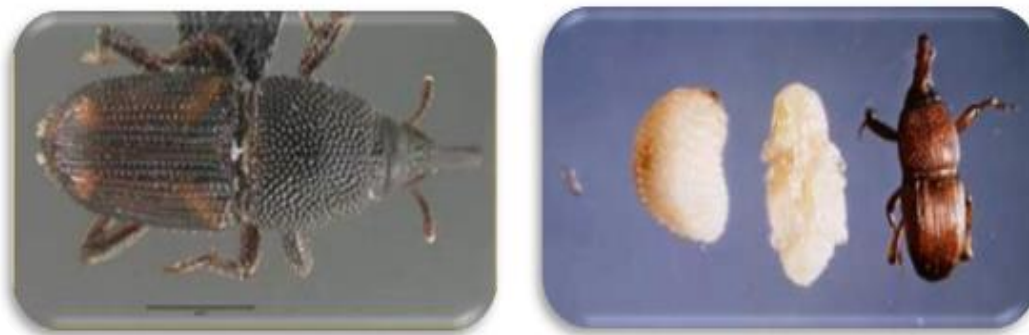


Figura 1. *Sitophilus zeamais* M.

Distribución

Metcalf y Flint (1984), indican que este insecto tiene su centro de origen en India, lugar del cual se fue distribuyendo en todo el mundo convirtiéndose en insecto cosmopolita. En México, la incidencia de esta plaga supera el 80% en regiones húmedas y es la primera causa de daño en postcosecha (García *et al.*, 2007). Savidan y Bergvinson (2000), mencionan que, en México, las principales plagas que causan las pérdidas poscosecha son: el gorgojo de maíz, *S. zeamais*, en las regiones tropicales y subtropicales; el barrenador grande del grano, *Prostephanus truncatus* (Horn.) (Coleoptera: Bostrichidae), localizado en las regiones de transición y altas y la palomilla dorada de maíz, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae), ubicada en las regiones templadas y altas. Plagas secundarias que aparecen con menor frecuencia son: *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), *Cathartus quadricollis* (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Silvanidae), *Cryptolestes ferrugineus* Stephens (Coleoptera: Laemphloeidae).

Importancia de los 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 de 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).

Los compuestos botánicos constituyen una alternativa para el control de insectos plaga (Champagne *et al.*, 1989; Silva *et al.*, 2002), ya que cuentan con la ventaja de degradarse rápidamente en el ambiente y de ser más específicos que los insecticidas sintéticos (Schmidt *et al.*, 1997; Breuer y De Loof, 1998); además disminuyen la probabilidad de generar especies resistentes ((Regnault-Roger *et al.*, 1997)). Son más eco confiables, biodegradables y no residuales en comparación con los pesticidas sintéticos (Regnault-Roger *et al.*, 1997).



Figura 2. Polvos y aceites vegetales en estudio.

Polvos

Uno de los usos de estos compuestos en la protección de granos almacenados es como polvos. Las plantas se secan, luego se muelen, y se mezclan con el grano, lo que modifica el ecosistema de las plagas presentes en los granos almacenados (Weaver y Subramanyam, 2000). Los efectos más significativos en el comportamiento de los insectos están relacionados con la selección del hospedero para alimentación y oviposición, y en cuanto a la alteración del metabolismo las consecuencias más importantes son aquellas relacionadas con la duración del ciclo del insecto, fecundidad y sobrevivencia (Rodríguez y Lagunes, 1992). La mayoría de las especies vegetales utilizadas como insecticidas no eliminan al insecto por intoxicación, sino que generalmente inhiben su desarrollo normal, al actuar como repelentes o disuasivos de la alimentación u oviposición, lo cual hace que muchas veces se sobredimensionen sus efectos protectores (Silva *et al.*, 2002).

Aceites

Los aceites de origen vegetal son una alternativa para el control de diferentes insectos, entre los cuales se encuentran las plagas de granos almacenados, el modo de acción tóxica sobre el insecto en estado adulto actúa cubriendo al insecto con una capa oleosa que tapa los espiráculos de respiración matándolo por asfixia (Davidson, 1992). Dentro de estos productos naturales, los aceites esenciales extraídos de diversas especies vegetales han sido ampliamente estudiados con el objetivo de evaluar sus propiedades repelentes, como una valiosa fuente natural. De hecho, muchos productos vegetales han sido evaluados para

sus propiedades tóxicas contra diferentes plagas de grano almacenado (Su, *et al.*, 1990 y Shaaya. *et al.*, 1991). Los aceites esenciales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos volátiles, algunos de ellos con actividad insecticida, atrayente o repelente de insectos (Asakawa, 1988.)

Descripción de las plantas bajo estudio

Cuadro 3. Especies Vegetales bajo estudio para el control de *S. zeamaiz* M. en granos de maíz almacenado.

Nombre Científico	Familia	Nombre Común
<i>Allium sativum</i> L.	Liliaceae	Ajo
<i>Cinnamomum verum</i> J.	Lauraceae	Canela
<i>Capsicum annuum</i> L.	Solanaceae	Chile
<i>Syzygium aromaticum</i> L.	Myrtaceae	Clavo
<i>Mentha piperita</i> L.	Lamiaceae	Menta
<i>Piper nigrum</i> L.	Piperaceae	Pimienta Negra
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Labiatae	Romero
<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	Ruda
<i>Thymus vulgaris</i> L.	Lamiaceae	Tomillo
Isotiocianato de alilo	Producto comercial	Alilo

Ajo

Allium sativum (LILIACEAE)

Ubicación Taxonómica

Según información obtenida en el Terranova (2001), el ajo se clasifica de la siguiente manera:

Cuadro 4. Ubicación Taxonómica del ajo

Clasificación Taxonómica
Reino: Plantae
División: Tracheophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Asparagales
Familia: Liliaceae
Género: <i>Allium</i>
Especie: <i>sativum</i> L.

Descripción

El Ajo (*A. sativum*) pertenece a la familia Liliaceae, cuyo origen se identifica en la región montañosa de Asia Central, desde donde fue llevada a Egipto y posteriormente introducido a América por los españoles, incorporándose como cultivo en México, Estados Unidos Perú y posteriormente en Chile. Es una especie muy antigua bajo cultivo, siendo descrita en china cerca de 4.000 años A.C. En la actualidad, los principales países productores son China, India, Corea de sur y España (Kehr, 2002).

Características agronómicas

El Ajo es una especie perene cultivada como anual a través de la propagación agámica, ya que los clones cultivados no producen semilla verdadera (Kehr, 2002). Las raíces son numerosas, finas y superficiales con escasas ramificaciones secundarias y sin pelos radicales, formadas a partir del tallo del bulbillo o diente de semilla. El tallo es subterráneo, corto, comprimido y cubierto por la base de las hojas, formadas desde la yema apical. En algunos clones crece pudiendo alcanzar una altura de un metro, en cuyo extremo se forma una inflorescencia. Las hojas son opuestas, enfundadas o tubulares en

la base, con un poro que permite la emergencia de la lámina de las hojas siguientes. A partir del poro la lámina es lanceolada y de sección angular, con cutícula muy cerosa. El conjunto de partes enfundadas en las hojas da origen al bulbo y a lo que se le conoce como falso tallo del ajo. Los bulbos son estructuras formadas al final de la temporada y corresponden al órgano de consumo (Kehr, 2002).

Usos del ajo

El ajo es reconocido mundialmente por sus propiedades medicinales, y su utilización generalizada para adobar diferentes platillos. Entre las hortalizas, destaca por su alto contenido de materia seca (30-50%). Posee un gran contenido de compuestos azufrados, que es lo que le da el olor y sabor característico de la familia. Este compuesto, como el sulfóxido de alil cisteína que dominan en el ajo, son precursores de volátiles como la alicina, formada por acción de la enzima alinasa al romperse las células, dando parte del olor y sabor típicos, que explica su uso como saborizante en las comidas (Kehr, 2002). También desde muy antiguo se le reconocen efectos farmacológicos, como bactericida, acción anticoagulante, y anti colesterol, 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 (Kehr, 2002).

Canela

Cinnamomun verum (LAURACEAE)

Ubicación Taxonómica

Con base en información obtenida en el USDA (2016), la canela se clasifica de la siguiente manera:

Cuadro 5. Ubicación Taxonómica de la canela

Clasificación Taxonómica
Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Laurales
Familia: <i>Lauraceae</i>
Género: <i>Cinnamomum</i>
Especie: <i>verum</i> J.

Descripción

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, considerada como una de las especias que motivaron, con el conjunto de otras, a descubrir nuevas rutas geográficas e inspirar grandes hazañas; se trata de una planta perteneciente a la familia de las Lauráceas. Su nombre técnico es *Cinnamomun verum*. Conocida comúnmente en México como canela (González, 2010).

Características agronómicas

La planta se reviste de hojas perennes de forma oval, color verde brillante en el haz y verde pálido en el envés. Las flores son dispuestas en panícula de color blanco, los frutos tienen forma de baya, de color oscuro azulado, de un centímetro de diámetro en promedio. En crecimiento libre, el canelero es un árbol que puede alcanzar una altura

promedio de diez metros. En cultivo con manejo de poda de formación, se comporta como arbusto de tres metros de altura en promedio (González, 2010).

La planta del canelero es de clima tropical; cálido y húmedo. Su origen se atribuye a Ceylán (Sri Lanka). Actualmente es cultivada en Indonesia, China e India, y en este mismo orden es su importancia en la producción mundial. Los portugueses la introdujeron en Sudáfrica y Brasil. En nuestro país el canelero no se cultiva en escala comercial; sin embargo, se tiene un alto consumo de canela en el ámbito culinario, repostería, dulcería, medicina natural, aromatizantes, entre otros usos (González, 2010).

Usos de la canela

A demás de usos medicinales, Gonzales (2010) destaca otros usos muy importantes, como especia, se utiliza abundantemente en la cocina para pastas, pasteles, compotas, arroz, carne, ensaladas de frutas y verduras frutas cocidas y asadas. En la industria se utiliza la canela por sus propiedades anti fúngicas y antibacterianas; también forma parte de la composición de numerosos productos relacionados con la higiene bucal. En farmacias el aceite esencial es empleado en la formulación de jarabes y vaporizadores nasales (Moreno, 2010)

En la industria alimentaria, es usada para la conservación de alimentos, como aceite esencial, y su riqueza en aromas y sabor es usado para dar olor y sabor a numerosos preparados Así mismo, su riqueza en fragancias la hace muy adecuada para su uso en la industria de la perfumería, siendo usada para la elaboración de perfumes, jabones, cremas, y champús (Moreno, 2010).

Chile

Capsicum annuum (SOLANACEAE)

Ubicación Taxonómica

De acuerdo a la información obtenida en el USDA (2016) el chile se clasifica de la manera siguiente:

Cuadro 6. Ubicación Taxonómica del chile.

Clasificación Taxonómica
Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Género: <i>Capsicum</i>
Especie: <i>annuum</i> L.

Descripción

El género *Capsicum* incluye un promedio de 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área Bolivia-Perú. Al menos cinco de sus especies son cultivadas en mayor o menor grado, pero en el ámbito mundial, casi la totalidad de producción está dada por solo una especie, *Capsicum annuum*, esto tiende a confundir ya que a partir de esta especie se derivan varios productos para el consumidor (Morales *et al.*, 2002). 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 *et al.*, 2002).

Características agronómicas

La planta de pimiento es un pequeño arbusto de crecimiento indeterminado que tiene un tallo frágil, erecto y herbáceo, con ramas que se subdividen en dos partes, sus hojas son grandes y de color verde intenso brillante con forma oblonga (más largas que anchas), lanceolada o globosa. El sistema radical inicia con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 cm y 1 m. Las flores son de color blanco o blanco amarillentas y el fruto es una baya hueca que, dependiendo de la posición de pedúnculo, erecto o abatido y del peso del fruto, va a desarrollarse total o parcialmente erguido o en pedúnculo (CEDEPAS-INAGRO, 2003)

Usos del chile

Los capsicinoides 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 (Morales *et al.*, 2002).

Clavo

Syzygium aromaticum L. (MYRTACEAE)

Ubicación Taxonómica

Con base en información obtenida en el USDA (2016), el clavo se clasifica de la siguiente manera:

Cuadro 7. Ubicación Taxonómica del clavo.

Clasificación Taxonómica
Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magniliopsida
Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Syzygium*

Especie: *aromaticum* L.

Descripción

Es originaria de Indonesia y en otros países. Es el pitósporo más difundido y cultivado en gran parte de España; tiene hojas matizadas de blanco (Orwa *et al.*, 2009).

Características agronómicas

Arbusto, o con los años arbolito de hasta 4-5 m de altura, con la corteza oscura, con hojas obovadas de 5-10 cm de longitud, muy obtusas, coriáceas, con los márgenes revolutos, glabras. Haz de color verde oscuro y envés algo más claro, con el nervio central destacado. Flores de 1.2 cm de diámetro, dispuestas en umbelas terminales. Son fragantes, de color blanco o crema. Fruto ovoide de 1-1.2 cm de diámetro, anguloso, cubierto de fino tomento. Semillas negras (Sánchez *et al.*, 2011).

Menta

Mentha piperita L. (LABITAE)

Ubicación Taxonómica

Con base en información obtenida en el USDA (2016), la menta se clasifica de la siguiente manera:

Cuadro 8. Ubicación Taxonómica de la menta.

Clasificación Taxonómica

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Labitae/Lamiaceae

Género: *Mentha*

Especie: *piperita* L.

Descripción

Es originaria de Europa y naturalizada en América. Esta menta crece en manchones en las orillas de parcelas en áreas de riego y alrededor de casas. A veces es cultivada por sus propiedades medicinales. No florece con mucha frecuencia (SEMARNAT-CONABIO, 2016).

Características agronómicas

Planta herbácea perenne, con pelos largos, muy entrecruzados, pegajosos, mide de 0.3 a 1.5 m de alto, tallo simple o ramificado, erecto o reclinado en el suelo con las puntas ascendentes. Las hojas son opuestas, sésiles, ovado-triangules a casi circulares, de hasta 6 cm de largo, ápice obtuso, con dientes en el margen, base ligeramente acorazonada, superficie rugosa, con pelos largos, suaves y entrecruzados en la cara inferior. Cada par de hojas se encuentra en dirección distinta (desplazado 90°) del anterior (SEMARNAT-CONABIO, 2016).

Inflorescencia hacia la punta de los tallos, uno o más grupos densos, cilíndricos o cónicos, compuestos de numerosas flores, acompañadas de brácteas puntiagudas y bractéolas más pequeñas y muy angostas. Las Flores con el cáliz en forma de tubo acampanado que se divide en 5 dientes triangulares; la corola es un tubo (más corto que el cáliz) que se divide en 4 lóbulos casi iguales, color blanco con tintes violeta, con pelillos; estambres 4; el estilo se parte en 2 ramas hacia el ápice. Frutos y semilla. El fruto se divide en 4 segmentos ovoides, con la superficie reticulada, de color castaño oscuro (SEMARNAT-CONABIO, 2016).

Usos de la menta

Se puede utilizar para té de tiempo, pero también tiene efectos medicinales por sus aceites esenciales; actúa contra flatulencia y tiene actividad antibacterial (antiséptico) y febrífugo (baja la fiebre). Es un componente de salsas de menta. Se puede utilizar para repelar insectos y roedores (SEMARNAT-CONABIO, 2016).

Pimienta Negra

Piper nigrum L. (PIPERACEAE)

Ubicación Taxonómica

Con base en obtenida en el USDA (2016), la pimienta negra se clasifica de la siguiente manera:

Cuadro 9. Ubicación Taxonómica de la pimienta negra.

Clasificación Taxonómica
Reino: Vegetal
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Piperales
Familia: Piperaceae
Género: <i>Piper</i>
Especie: <i>nigrum</i> L.

Descripción

Es originaria de las selvas húmedas de la costa Malabar de la India Sur-Occidental Familia originaria de las regiones tropicales de ambos hemisferios. Habitan en selvas y bosques húmedos (USDA, 2016).

Características agronómicas

La pimienta negra en grano es la baya del pimentero (*Piper nigrum*), perteneciente a la familia de las piperáceas. Los frutos del pimentero (pimienta) tienen forma globular y miden de 4 a 7 mm de diámetro, presentan una superficie rugosa, debe contener el 10% de fibra, 35% de almidón. Su color dependerá del grado de madurez, su olor es punzante y de sabor picante. Para obtener pimienta negra las bayas o frutos se cosechan sazones y se secan al sol con cáscara (USDA, 2016).

Usos de la pimienta negra

Los polvos, extractos y aceites de la pimienta negra se han utilizado en el control de plagas de granos almacenados como bioinsecticida y repelente (Cardoso *et al.*, 2014).

Romero

Rosmarinus officinalis L. (LABITAE)

Ubicación Taxonómica

De acuerdo a información obtenida en el USDA (2016), el romero se clasifica de la siguiente manera:

Cuadro 10. Ubicación Taxonomica del romero.

Clasificación Taxonómica
Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Lamiales
Familia: Lamiaceae/Labiatae
Género: <i>Rosmarinus</i>
Especie: <i>Officinalis</i> L.

Descripción

El Romero es una especie característica de la cuenca mediterránea, que se distribuye por toda la Península Ibérica siendo menos abundante en el norte. Para vivir prefiere zonas algo degradadas con rocas, piedras y presencia de matorral.

Características agronómicas

Es una planta arbustiva con tallos prismáticos, las hojas son estrechas, agudas y pequeñas, tienen forma de espigas de color verde brillante con márgenes revolutos y tallos leñosos y ramificados (Sotelo *et al.*, 2002, Sardans *et al.*, 2005). El tamaño varía de 0.5 a 1 metro de altura, florece dos veces al año en primavera y otoño, las flores se caracterizan por un color azul claro con pequeñas manchas violetas (Khorshidi *et al.*, 2009).

Usos del romero

Se ha utilizado como insecticida en el control de larvas, pupas y adultos de *T. castaneum*, que ataca los cultivos de arroz (Clemente *et al.*, 2003).

Ruda

Ruta graveolens L. (RUTACEAE)

Ubicación Taxonómica

Con base en información obtenida en el USDA (2016), la ruda se clasifica de la manera siguiente:

Cuadro 11. Ubicación Taxonómica de la ruda.

Clasificación Taxonómica
Reino: Plantae
Division: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Sapindales
Familia: Rutaceae
Género: <i>Ruta</i>
Especie: <i>graveolens</i> L.

Características Agronómicas

La ruda es originaria del sur de Europa y está presente en climas cálidos, semiáridos, secos, semisecos y muy secos. Esta planta en su crecimiento, puede alcanzar el metro de altitud, florece en primavera y verano, se multiplica por semilla, es un arbusto, tiene hojas carnosas, muy divididas de color verde azulado y con aroma fuerte. Las flores son amarillas de 5 pétalos, sus frutos son carnosos por dentro, por encima son rugosos y al madurar se abren en 4 partes (UNAM, 2009).

Usos de la ruda

La ruda se utiliza como repelente: ésta actividad la desarrollan básicamente sus compuestos que ejercen efectos irritantes a los agentes que intentan atacar a la planta (Silva *et al.*, 2002).

Tomillo

Thymus vulgaris (LAMIACIAE)

Ubicación Taxonómica

Con base en información obtenida en el USDA (2016), el tomillo se clasifica de la siguiente manera:

Cuadro 12. Ubicación Taxonómica del tomillo

Clasificación Taxonómica
Reino: Plantae
Division: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Lamiales.
Familia: Lamiaceae/Labiatae.
Género: <i>Thymus</i>
Especie: <i>vulgaris</i> L.

Descripción

Propia de la región Mediterránea y cultivada en Europa, Asia y América (Castro *et al.*, 2013). La composición química de las ramas contiene 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 *et al.*, 2009).

Características agronómicas

El tomillo (*Thymus vulgaris*) pertenece a la familia Lamiaceae. Es una planta aromática, muy poliforme de 10 a 40 cm de altura, con numerosas ramas leñosas, erectas, compactas, parduzcas. Las hojas de 3 a 8 mm son lineares, oblongas, sentadas brevemente

pediceladas, opuestas, con el peciolo o sus márgenes revueltos hacia abajo y blanquecinas por su envés. Las flores son axilares, y agrupadas en la extremidad de las ramas formando una especie de capitulo terminal, a veces con inflorescencia interrumpida; las brácteas son verde grisáceas, el cáliz algo giboso con pelos duros, con tres dientes en labio superior, cortos casi iguales y dos en el inferior muy largos, con pelos en sus bordes y de color rojizo, la corola un poco más larga que el cáliz, con el labio superior erguido y el inferior trilobulado y de color blanquecino o rosado. Los cuatro estambres sobresalen de la corola. El fruto es un tetra aquenio, lampiño y de color marrón (Cañigüeral y Vanaclocha, 2000).

Usos del tomillo

El tomillo tiene actividad antiespasmódica, expectorante y antiséptica, por lo que se emplea principalmente como antitusivo y en otras afecciones respiratorias. El aceite esencial, en aplicación tópica, es antiinflamatorio. Las actividades antiinflamatoria y antiséptica del tomillo se aprovechan en estomatitis y en algunas afecciones del aparato genital femenino. Además de los usos medicinales se ha utilizado como insecticida en el control de la larvas, pupas y adultos de *T. castaneum*, que ataca los cultivos de arroz (Clemente *et al.*, 2003).

Alilo

Isotiocianato de alilo

Descripción

El Isotiocianato de alilo es un producto comercial derivado del aceite de mostaza, es un líquido aceitoso, incoloro a amarillo claro de olor irritante (Baez *et al.*, 2011).

Usos del alilo

Los isotiocianatos son compuestos naturales con potente actividad biocida producidos por Brassicas como parte de su sistema de defensa, estas plantas producen metabolitos secundarios, los cuales desempeñan distintas funciones entre ellas como mecanismo de defensa contra los depredadores, o como sustancias de reserva (Baez *et al.*, 2011). Entre estos metabolitos están los glucosinolatos (GLSs), que son productos naturales que contienen nitrógeno y azufre, presentes principalmente en algunas especies de la familia Brassicaceae, tales como: mostaza, brócoli, col, coliflor, rábano, nabo y canola, la cual se

hidroliza produciendo una aglicona inestable (Fahey *et al.*, 2001), los cuales tienen una amplia actividad biocida, incluyendo la inhibición de hongos (Mayton *et al.*, 1996), bacterias (Tajima *et al.*, 1998), nemátodos (Kermanshai *et al.*, 2001), insectos (Ratzka *et al.*, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue conducida en el Laboratorio de Toxicología de Insecticidas del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Saltillo, Coahuila, México.



Figura 3. Ubicación donde se llevó a cabo el estudio

Materiales

Se utilizó grano de maíz blanco almacenado de características blando a semicristalino producida en el Sureste de Coahuila en el Ciclo Primavera-Verano 2014, libre de tratamientos químicos e impurezas.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de polvos y aceites de origen vegetal a granos de maíz almacenado, los cuales fueron: Ajo (*Allium sativum*), Canela (*Cinnamomum verum*) Capsicina (*Capsicum annuum*), Clavo (*Syzygium aromaticum*), Menta (*Mentha piperita*) Pimienta Negra (*Piper nigrum*) Romero (*Rosmarinus officinalis*) Ruda (*Ruta graveolens*) Tomillo (*Ruta graveolens*) y Alilo (producto comercial).

El *S. zeamais* fue proporcionado por el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología Agrícola en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila

Metodología

Para la descripción de la metodología se dividió en dos partes, de acuerdo a los objetivos específicos: 1) Evaluar la efectividad biológica de nueve **polvos vegetales** como protector de semilla contra el ataque de adultos de *S. zeamais* M. 2) Evaluar la efectividad biológica de diez **aceites vegetales** contra adultos de *S. zeamais* M.

Evaluación polvos vegetales.

Productos evaluados

Se evaluó nueve polvos de vegetales (Cuadro 13), más su testigo absoluto.

Cuadro 13. Especies vegetales evaluadas para el control de *S. zeamais* en granos de maíz almacenado bajo condiciones de laboratorio.

Nombre Científico	Familia	Nombre Común	Dosis (gramos)
<i>Allium sativum</i> L.	Liliaceae	Ajo	1, 2, 3
<i>Cinnamomum verum</i> J.	Lauraceae	Canela	1, 2, 3
<i>Capsicum annuum</i> L.	Solanaceae	Capsicina	1, 2, 3
<i>Syzygium aromaticum</i> L.	Myrtaceae	Clavo	1, 2, 3
<i>Mentha piperita</i> L.	Lamiaceae	Menta	1, 2, 3
<i>Piper nigrum</i> L.	Piperaceae	Pimienta Negra	1, 2, 3
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Labitae	Romero	1, 2, 3
<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	Ruda	1, 2, 3
<i>Thymus vulgaris</i> L.	Lamiaceae	Tomillo	1, 2, 3

Evaluación

El material vegetal utilizado fue proporcionado por el Laboratorio de toxicología, cada especie vegetal (Cuadro 13) fue pulverizada por separado en una licuadora eléctrica y posteriormente se filtraron con un tamiz de 250 μm con el fin de lograr un polvo fino y homogéneo. Finalmente, se almacenaron a temperatura ambiente en bolsas tipo ziploc identificándolas según la especie de la planta en cuestión. Como sustrato se utilizó maíz blanco almacenado de características blando a semicristalino producido en el sureste de Coahuila en el ciclo primavera-verano 2014, libre de tratamientos químicos e impurezas. Se utilizó la metodología propuesta por Lagunes y Rodríguez (1989) con ligeras modificaciones, la cual consistió en colocar 300 g de maíz con las dosis de 1, 2 y 3 g de polvo vegetal en recipientes de plástico de 500 ml para realizar una mezcla de cada tratamiento. Una vez realizada la mezcla, se procedió a infestar cada recipiente con 30 insectos adultos de *S. zeamais*. Para determinar el efecto de los polvos en cada tratamiento se midió la variable mortalidad, la cual se evaluó a los 15 días después de exponer los insectos al maíz tratado. Se cuantificaron los adultos vivos y muertos de cada tratamiento, Cada insecto se consideró muerto, cuando no presento respuesta al estímulo o movimientos coordinados al contacto de un fino pincel, apéndices pegados al cuerpo y cuerpo deshidratado (FAO, 1980). El modelo estadístico consistió en un modelo

completamente al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones y un total de 30 unidades experimentales, incluyendo el testigo. Con los resultados obtenidos y observando que el testigo no presentó más del 12% de mortalidad, se realizó la corrección de mortalidad (MC) utilizando la fórmula de Abbott (1925): $MC = ((\% \text{ muertos} - \% \text{ testigo}) / (100 - \% \text{ testigo})) * 100$, para su normalización los valores porcentuales se transformaron a $\text{arcoseno} \sqrt{x/100}$. Posteriormente se sometieron a análisis de varianza (ANVA) para indicar la diferencia entre los tratamientos y se aplicó la prueba Tukey ($p \leq 0.05$) para la separación de las medias, para lo cual se utilizó el software Statistical Analysis System (SAS, 2002).

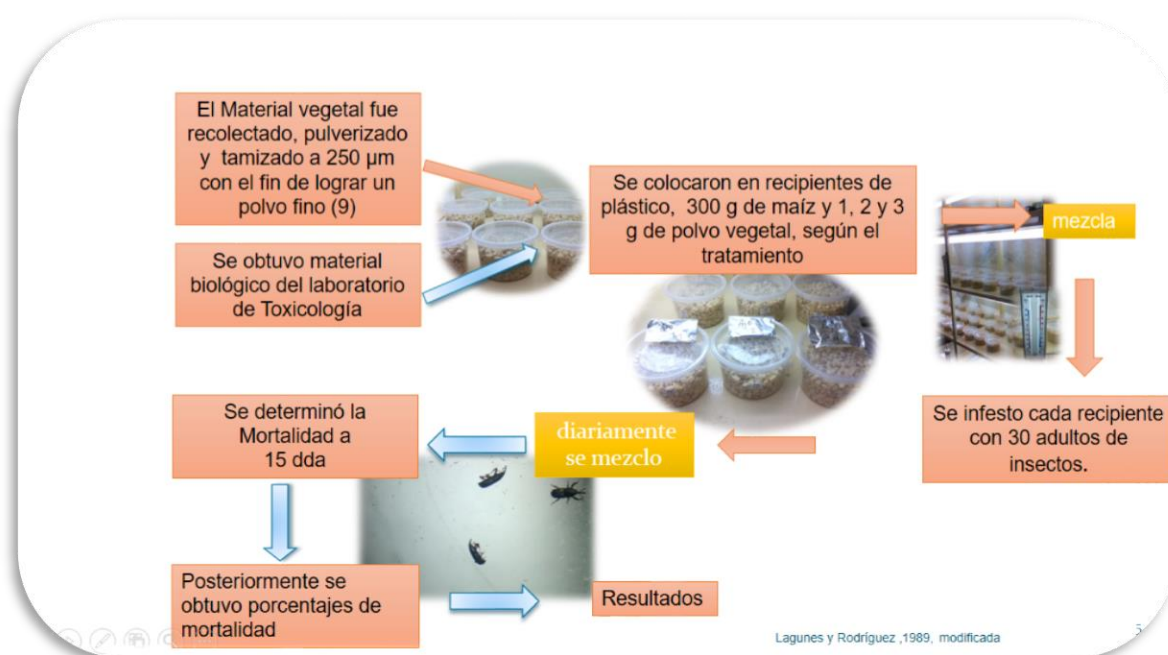


Figura 4. Plan de trabajo para la evaluación de polvos vegetales en el control de adultos de *S. zeamais*.

Evaluación de aceites vegetales.

Productos evaluados

Se evaluó diez aceites vegetales (Cuadro 14), más su testigo absoluto.

Cuadro 14. Especies vegetales evaluadas para el control de *S. zeamais* en granos de maíz almacenado bajo condiciones de laboratorio.

Nombre Científico	Familia	Nombre Común	Concentración (ppm)
<i>Allium sativum</i> L.	Amaryllidaceae	Ajo	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
<i>Cinnamomum verum</i> J.	Lauraceae	Canela	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
<i>Capsicum annuum</i> L.	Solanaceae	Capsicina	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
<i>Syzygium aromaticum</i> L.	Myrtaceae	Clavo	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
<i>Mentha piperita</i> L.	Lamiaceae	Menta	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
<i>Piper nigrum</i> L.	Piperaceae	P. Negra	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Labiatae	Romero	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	Ruda	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
<i>Thymus vulgaris</i> L.	Lamiaceae	Tomillo	9000, 7000, 5000, 3000, 1000
Producto comercial	No aplica	Alilo	9000, 7000, 5000, 3000, 1000

Evaluación

Cada especie vegetal fue pulverizada por separado en una licuadora eléctrica y posteriormente se tamizaron a 250 μm con el fin de lograr un polvo fino y homogéneo (Figura 5). Posteriormente se pesó 100 g de cada especie vegetal los cuales se colocaron en recipientes de plástico de un litro individualmente, vertiendo 300 ml de aceite comestible comercial para realizar una mezcla homogénea la cual se agito constantemente durante 30 días permaneciendo almacenados a temperatura ambiente y oscuridad. A continuación, las mezclas fueron filtradas durante 24 horas para la obtención de los aceites esenciales al 100 % según la especie vegetal (IRAC, 2012, con ligeras modificaciones). Para determinar el efecto de los aceites vegetales sobre *S. zeamais*, se utilizó concentraciones de 9000, 7000, 5000, 3000 y 1000 ppm, posteriores a una ventana biológica. Para las concentraciones se agregó aceite esencial, como agente emulsificante

(Tween 80 al 0.5%) y la mezcla se realizó con un homogeneizador Corning Stirrer velocidad 3 durante 5 minutos (Pontigo *et al.*, 2015).

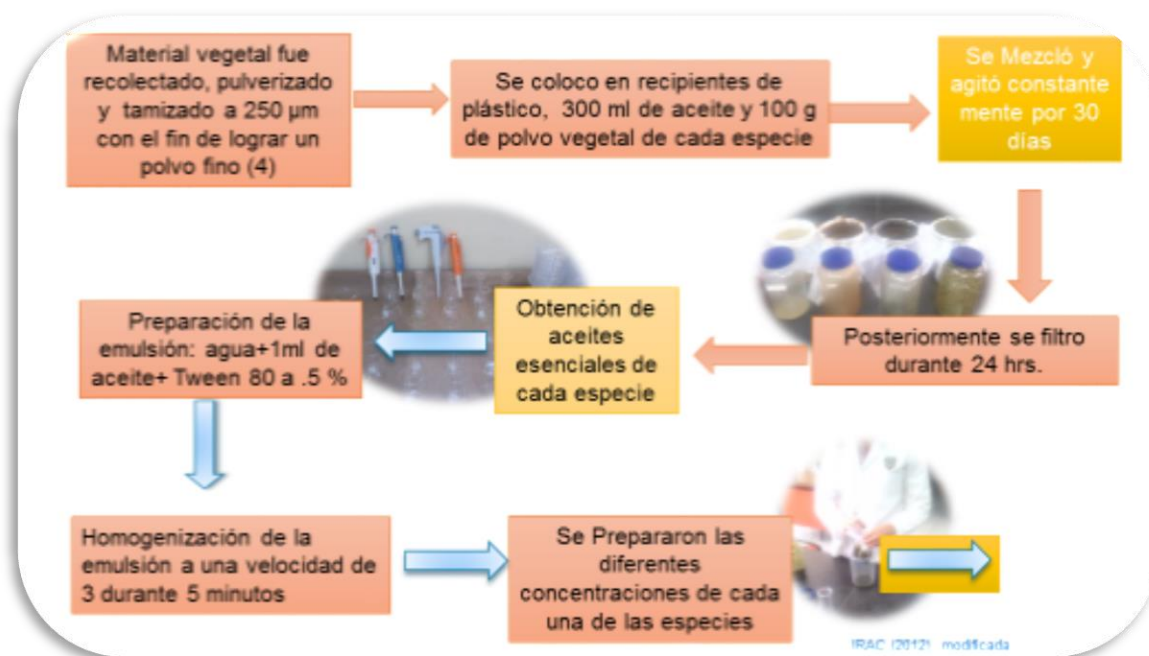


Figura 5. Plan de trabajo para la evaluación de aceites vegetales en el control de adultos de *S. zeamais*.

Una vez obtenida las diferentes concentraciones para cada una de las especies vegetales, se colocó 1 ml de la mezcla en la base y 1 ml en la tapa de cajas de Petri de 9.0 cm de diámetro para formar una película residual, las cuales se dejaron en reposo para su secado durante 10 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente se colocó en cada caja Petri 10 adultos de *S. zeamais* (Figura 6). Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con 11 tratamientos, 3 repeticiones y 30 unidades experimentales correspondientes a cada tratamiento, incluido el testigo solo con agua. La toma de datos se realizó durante las 24, 48 y 72 h después de la aplicación de tratamientos. Con apoyo de un microscopio estereoscópico, se registró el número de insectos adultos vivos y muertos en cada tratamiento. Cada insecto se consideró muerto, cuando no presento respuesta al estímulo o movimientos coordinados al contacto de un fino pincel, apéndices pegados al cuerpo y cuerpo deshidratado (FAO, 1980). La mortalidad se evaluó a las 72 h después de la aplicación y para su normalización los valores porcentuales se transformaron a

$\arccos\sqrt{x/100}$. Posteriormente se sometieron a un análisis de varianza (ANVA) para indicar la diferencia entre los tratamientos y se aplicó una prueba de rango múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para la separación de medias y además se realizó un análisis PC Probit, para determinar la CL_{50} y CL_{95} utilizando para ambos análisis el software estadístico (SAS, 2002).



Figura 6. Plan de trabajo para la evaluación de aceites vegetales en el control de adultos de *S. zeamais*.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos e hipótesis planteados en esta presente investigación, se presentan los resultados obtenidos en los análisis estadísticos de las variables evaluadas.

Polvos

Los resultados del porcentaje de mortalidad de los polvos sobre *S. zeamais* se muestran en la Cuadro 15, de acuerdo con lo propuesto por Lagunes (1994), quien señala como prometedores sólo aquellos tratamientos con una mortalidad superior al 50%, se puede señalar que dos de los nueve polvos evaluados cumplen con este criterio. Los mejores resultados se obtuvieron con los polvos de pimienta negra y ruda con porcentajes de mortalidad de 68.84 y 60.42, respectivamente.

Cuadro 15. Mortalidad de adultos *S. zeamais* tratados con polvos vegetales.

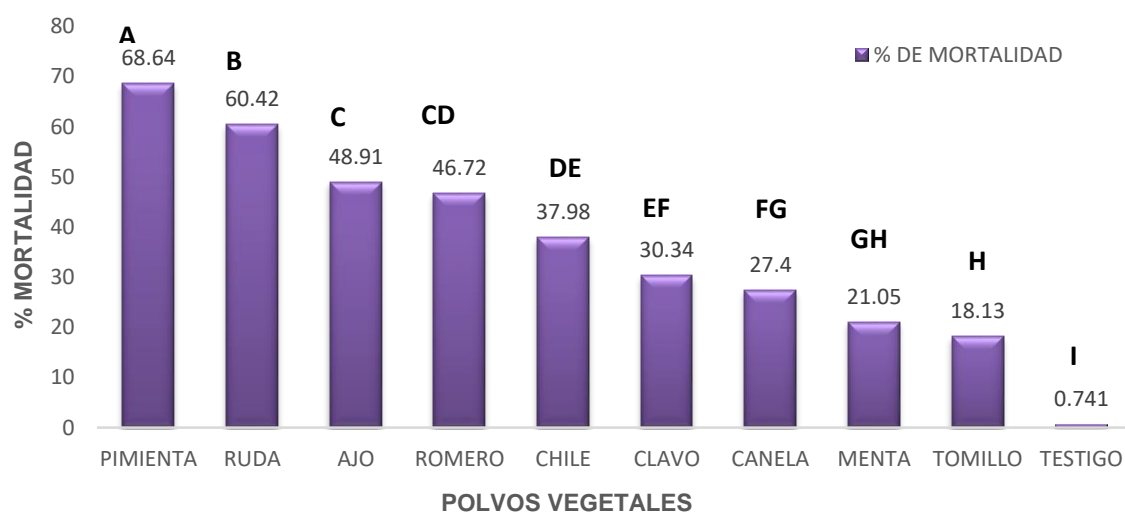
TRATAMIENTO	MEDIA	AGRUPACIÓN TUKEY
PIMIENTA	68.84	A
RUDA	60.42	B
AJO	48.91	C
ROMERO	46.72	C
CHILE	37.98	D
CLAVO	30.34	DE
CANELA	27.40	EF
MENTA	21.05	FG
TOMILLO	18.13	G
TESTIGO	0.741	H

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente ($P \alpha \leq 0.05$ %).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Salvadores *et al.* (2007) quienes reportan que las mayores mortalidades se obtuvieron con *P. nigrum*, con porcentajes de

control entre el 65.6 y 97.6 % respectivamente. Paula *et al.* (2000) mencionan que los metabolitos, piperina y piperidina, aislados, en *P. nigrum.*, mostraron un control del 97.5%. Scott *et al.* (2004) trabajaron con tres extractos de especies de plantas de la familia Piperaceae en el control de cinco órdenes de insectos mencionando a la isobutil amina (amidas) como el metabolito secundario que actúa como neurotóxico y repelente de insectos; por otro lado, Park *et al.* (2002) mencionan a las amidas en el género *Piper* de la familia Piperaceae, como metabolitos secundarios con actividad insecticida- acaricida. Mientras que para el polvo *R. graveolens* (ruda) presentó un porcentaje de control de 60.42%, resultados similares a lo reportado por Silva *et al.* (2003) con un 60.5 % de control. Además de los tratamientos mencionados, los polvos de tomillo, menta, canela, clavo, chile, romero y ajo mostraron porcentajes de control menores al 50% lo cual concuerda con lo señalado por Silva *et al.* (2003), Salvadores *et al.* (2007), Silva *et al.* (2005), Castillo *et al.* (2012). (Figura 7)

Figura 7. Mortalidad de adultos de *S. zeamais* tratados con polvos vegetales.



Aceites

Los resultados del análisis de la mortalidad de adultos de *S. zeamais* tratados con los diferentes aceites vegetales se encuentran en el Cuadro 16; donde se muestra que existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados; podemos observar que los aceites de *A. sativum* y *P. nigrum* son los que representan la mejor actividad insecticida,

de acuerdo con lo mencionado por Lagunes (1994), donde señala como prometedores a aquellos tratamientos con una mortalidad superior al 50%, por lo que estos aceites cumplen con este criterio. Los resultados que se obtuvieron para estos dos aceites fueron, para *A. sativum* (ajo) un 60.38 % de mortalidad. Al respecto, Peña *et al.* (2013) presento resultados de mortalidad con *A. sativum* de hasta un 95 % de control en *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) en frijol. Vásquez, (2005) menciona que *A. sativum* presenta acción repelente y actúa por ingestión, causando trastornos digestivos, por lo que el insecto deja de alimentarse. *P. nigrum* (Pimienta negra) presentó un control de 52.47 %, resultados que concuerdan con Cardoso *et al.* (2014) quienes evaluaron extractos de *P. nigrum* sobre adultos de *S. zeamais* presentando porcentajes de mortalidad de entre 60 y 98 % de control. Estrela *et al.* (2006), evaluaron el efecto del aceite esencial de *Piper affinis* hispidinervum C. DC (hojas de pimienta larga) y *Piper aducum* L. (hojas de matico) sobre *S. zeamais* los cuales fueron tóxicos por contacto, aplicación tópica y fumigación.

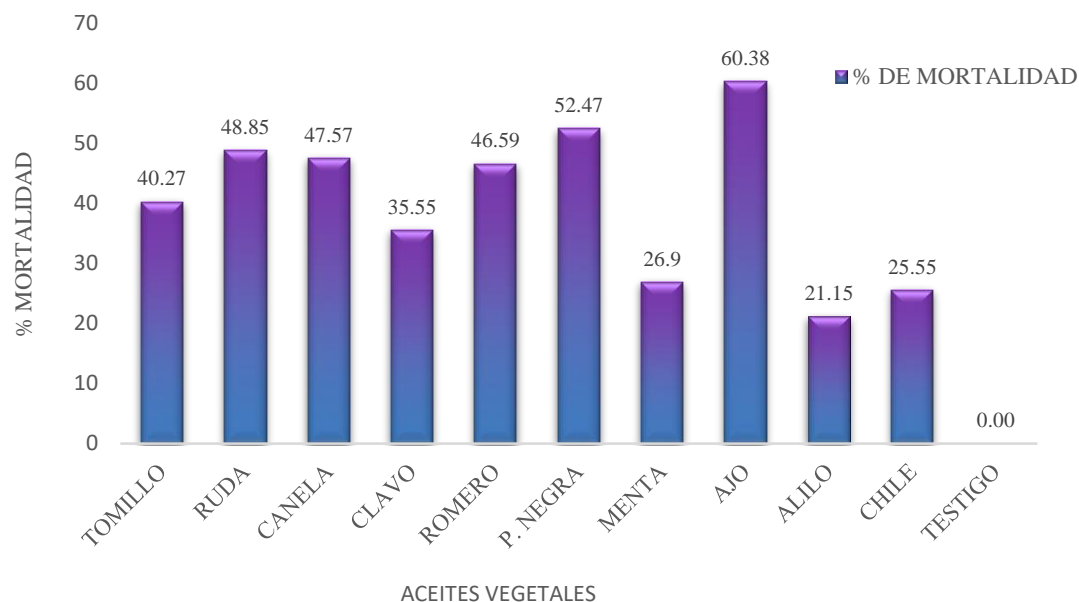
Cuadro 16. Mortalidad de adultos *S. zeamais* tratados con aceites vegetales.

TRATAMIENTO	MEDIA	AGRUPACIÓN TUKEY
AJO	60.38	A
PIMIENTA NEGRA	52.47	AB
RUDA	48.85	AB
CANELA	47.57	AB
ROMERO	46.59	AB
TOMILLO	40.28	AB
CLAVO	35.55	AB
MENTA	26.90	BC
CHILE	25.55	BC
ALILO	21.15	BC
TESTIGO	0.00	C

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente ($P \alpha \leq 0.05$ %).

Además de los tratamientos mencionados, los aceites de ruda, canela, romero, tomillo, clavo, menta, chile, alilo mostraron porcentajes de control menores al 50% (Figura 8), lo cual concuerda con lo señalado por Silva *et al.* (2003), Salvadores *et al.* (2007), Silva *et al.* (2005), Castillo *et al.* (2012).

Figura 8. Mortalidad de adultos de *S. zeamais* tratados con aceites vegetales.



Concentraciones Letales (CL)

En el cuadro 17 se presentan las concentraciones letales y límites fiduciales que fueron analizados en el PC-Probit. El aceite que presentó mayor actividad insecticida fue el *A. sativum* a una concentración de 9000 ppm con una mortalidad del 60.38 %, resultado que concuerda con Arannilewa *et al.* (2006) quienes analizaron los extractos de *A. sativum*, encontrando que con concentraciones de 15,000 ppm presentaron una mortalidad del 85% al tercer día después de la aplicación. Mientras que con *P. nigrum* con la misma concentración, se obtuvo con una mortalidad de 52.47%; estudios similares fueron obtenidos por Silva *et al.* (2003) quienes encontraron que *Piper auritum* Kunth y *Laurus nobilis* L. a concentraciones de 10,000 ppm presentaron porcentajes de mortalidad del 65.80 % de control. Al obtener la CL₅₀ y CL₉₅ se observa que de los 10 aceites evaluados a las

72 h después de la aplicación, el ajo y la pimienta negra mostraron ser los más tóxicos, con 1556 y 2279 ppm respectivamente.

Cuadro 17. Concentraciones letales CL₅₀ y CL₉₅ con intervalos de confianza de los aceites vegetales evaluados para el control de adultos *S. zeamais*.

ACEITE VEGETAL	N	CL50	LIMITES FIDUCIALES 50%	CL95	LIMITES FIDUCIALES 95%	χ^2
TOMILLO	30	5158	4025 – 6842	32156	18314 - 104001	<0.0001
RUDA	30	3189	2217 – 4250	28785	15722 - 105842	<0.0001
CANELA	30	3844	1630 – 6519	13896	7640 - 351584	<0.0001
CLAVO	30	5708	4810 – 6862	18075	12773 - 36507	<0.0001
ROMERO	30	3491	2106 – 5251	73838	26253 - 1622433	<0.0001
P. NEGRA	30	2279	1219 – 3263	35007	16350 - 246363	<0.0001
MENTA	30	26380	11311 - 5672406	1083703	101030 - 1.74142E13	<0.0092
AJO	30	1556	839 – 2200	14010	8618 - 38430	<0.0001
ALILO	30	21362	11282 - 495767	255644	51409 - 1411489874	<0.0045
CHILE	30	40768	13470 - 4.47099E10	2660429	140525 - 1.45932E24	<0.0232

CL: Concentraciones letales. LF: intervalos de confianza $P \alpha \leq 0.05 \%$.

Para aquellos aceites que presentaron mortalidad por debajo del 50%, al realizar el análisis Probit, se observa que la CL₅₀ para ruda, romero y canela fue de 3189, 3491 y 3844 ppm respectivamente; por lo que estos aceites pueden ser considerados promisorios, debido a que se encuentran por debajo de la concentración máxima (5000 ppm) recomendada por la Agencia de Cooperación Técnica alemana (GTZ) para condiciones de laboratorio (Hellpap, 1993). Mientras que para tomillo, clavo, menta, chile y alilo causaron mortalidades muy bajas, aun en las concentraciones más altas.

CONCLUSIONES

Los polvos de pimienta negra y ruda superan el umbral de mortalidad. El polvo de pimienta y ruda obtuvieron los mejores resultados de control, al presentar mortalidades altas. Los tratamientos con polvo de ajo, romero, chile, clavo, canela, menta y tomillo no mostraron un alto potencial de control en las condiciones del presente estudio.

Los aceites de ajo y pimienta negra resultaron ser los de mayor efectividad insecticida, con mayor efecto de control el aceite de ajo. Aunque ruda, romero y canela no alcanzaron el control deseado, las concentraciones obtenidas pueden ser promisorias para el control de plagas. Los aceites de tomillo, clavo, menta, chile y alilo bajo las condiciones del presente estudio no mostraron un alto potencial de control.

Los polvos vegetales de pimienta negra y ruda, aceites de ajo y pimienta negra presentan un alto potencial para ser implementados en el manejo del gorgojo *S. zeamais* en granos almacenados de maíz.

REFERENCIAS

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticides. *Journal of Economic Entomology*. 38(5):618-620.
- Acosta, R. 2009. El cultivo de Maíz, su origen y clasificación. *El Maíz en Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias (INCA) Agrícolas. Cultivos tropicales vol. 30, No. 2. 2009 p. 113- 120. La Habana, Cuba.
- Aguilar, G.A.E. y López, M.A. 2013. Extractos y aceite esencial del clavo de olor *Syzygium aromaticum* y su potencial aplicación como agentes antimicrobianos en alimentos. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas. San Andres Cholula, Puebla. 7, 2 35.41
- Agricultural Research Service, (ARS/USDA) 2014. Corn. Boosting Quality, Productivity and Safety, U.S. Department of Agriculture, EEUU.
- Arias, C. 1993. Manual de manejo de poscosecha de granos a nivel rural. Food and Agriculture Organization (FAO). Oficina regional de la FAO para América latina y el Caribe. Roma. Italia.
- Arias, L. R. 2010. La introducción de canela en esquemas de diversificación productiva. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Arannilewa, S. T., Ekrakene, T., Akinneye, J. O. 2006. Laboratory evaluation of four medicinal plants as protectants against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Mots). Akure, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*. 5: 2032-2036.
- Arienilmar, A.L., Da Silva, L.R., Faroni, D.A., Guedes, N.C., Martins, J.H. y Pimentel, A.G. 2005. Modelos analíticos de crecimiento poblacional de *Sitophilus zeamais* en trigo almacenado. *Ingeniería Agrícola y Ambiental*.
- Asakawa, Y., Dawson, G.W., Griffiths, D.C., Lallemand, J.Y., Ley, S.V., Mori, K., Mudd, A., Pezechk-Leclair, M., Pickett, J.A., Watanabe, H., Woodcock, C.M., Zhongning, Z. 1988 Activity of Drimane Antifeedants and Related Compounds

Against Aphids, and Comparative Biological Effects and Chemical Reactivity of (-)- and (+)-polygodial. *Journal Chemical Ecology*. 14(10): 1845-1855.

Báez, F. M. E., Troncoso R. R. y Tiznado, H. M. E. 2011. Respuestas Genéticas Provocadas por el Tratamiento con Isotiocianatos en Hongos del Género *Alternaria*. Centro de Investigación en Alimentación y desarrollo, A.C. Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen vegetal. Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias Químico Biológicas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Hermosillo, Sonora, México.

Borror, D. J., Triplehorn CH. A., Johnson N. F. 1989. An introduction to the study of insects. 6th. Edition United States of America. Publishesh by Saunders College Publishing.

Breuer, M. and A. De Loof. 1998. Meliaceous plant preparations as potential insecticides for control of the oak processionary, *Thaumetopoea processionea* L. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*. 63/2b: 529-536.

Cañigueral, F.S., Vanaclocha, V. B. 2000. Usos Terapéuticos de Tomillo. *Revista Fitopatológica*. 5:13.

Cardoso, A. F.A., Silva, J.P.J., De Paula. P. V. Neto, F. A., Olivier, C. N., Rojas, A. B. 2014. Eficiencia de extractos vegetales como insecticida sobre *Sitophilus zeamais* en granos de maíz almacenados. Laboratorio de Almacenamiento y Procesamiento de Productos Agrícolas de la Unidad Académica de Ingeniería Agrícola de la Universidad Federal de Campina Grande, Brasil. *Revista de Ciencias Técnicas Agropecuaria*. Vol. 23, No. 2.

Casini, C. y Santajuliana, M. 2008. Control de plagas en granos almacenados. <http://www.cosechaypostcosecha.org>.

Castillo, S.L.E., Jiménez, O.J.J. y Delgado, H.M.A., 2012. Actividad biológica in vitro del extracto de *Capsicum chinense* jacq contra *bemisia tabaci* genn. Instituto Tecnológico de Tizimín. Tizimín, Yucatán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3): 345-356.

- CEDEPAS-INAGRO. 2003. Cultivo de pimientos y ajies. Manual del productor. Guía didáctica vol. 1-004.
- Cerna C. E., Guevara, A. L., Landeros, F. J., Ochoa, F. Y., Badii, Z. M.H. y Olalde, P. V., 2010. Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. Tomo 42, N° 1. pág. 135-145.
- Clemente, S., Mareggiani, G., Broussalis, A., Martino, V. y Ferraro, G. 2003. Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas 29, 1-8.
- Cruz, O. J. E., Velázquez A. T. J., Partida, R. L., Guerra, L. J. E. y Díaz, V. T. 2015. Uso de tierra diatomea para el control de gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en Sinaloa, México. Universidad Autónoma de Sinaloa. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 3(5): 1038-1044.
- Champagne, D. E., Isman, M. B. and Towers, G. H. N. 1989. Insecticidal activity of phytochemicals and extracts of the Meliaceae. En: Arnason, J. T., Philogène, R. J. R and Morand, P. (eds.), Insecticides of Plant Origin, ACS Symposium Series 387, Washington, pp.95-109.
- Davidson, R.H., Lyon, W.F. 1992. Plagas de insectos agrícolas y del jardín. Limusa, Noriega, México. 743 p.
- Dell 'Orto, T. H. y C. Arias V. 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Food and Agriculture Organization (FAO). Oficina regional de la FAO para América latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- Estrela, J. L.V., Fazolin, M., Catani, V., Alecio, M. R. y Lima, M. S., 2006. Toxicidad de los aceites esenciales *Piper Anducum* y *Piper hispidinervum* en *Sitophilus zeamais*. Revista Brasileña de Investigación Agrícola, Rio Branco, Acre, Brasil. 41: 217-222.

- Food and Agriculture Organization (FAO) 1980. Recommended method for measurement of test resistance to pesticide. Plant Production and Protection Paper. Roma. Italy. 132 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2011. Estadísticas de países productores y comercializadores de productos agrícolas. FAOSTAT. Informe estadístico (consultado el 01 de septiembre de 2016).
- Fahey, J.W., Zalcmann, A.T. and Talalay, P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry* 56:5-51.
- Fleitas, D.G. 2007. Prueba de viabilidad y poder germinativo de la semilla de maíz (*Zea mays*, Lin). Disponible: (Consultado: 13/12/08).
- García, L. S., Andrew. J. B., Serratos, J. A., Díaz P. D. M., Arnason, J. 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. *Revista de Educación Bioquímica*. 22(3): 138-145 Texcoco, México.
- García, L. S., Espinosa, C.C. y Bergvinson, D.J. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CYMMYT). México, D.F.
- George, J., H. P. Bais y G. A. Ravishankar. 2000. Biotechnological production of plant based insecticides. *Critical Reviews In Biotechnology* 20: 49-77.
- González, J., O. Arregoces, R. Hernández y O. Parada. 1983. Insectos y ácaros plagas y su control en el cultivo de arroz en América Latina. Ed. Federación Nacional de Arroceros. Bogotá, Colombia. pp: 50-54.
- González Cabrera. V; 2010. Conservación de Mora, uvilla, y frutillas mediante la utilización de aceite esencial de canela. (*Cinnamomum zeynalicum*). Riobamba Ecuador, Tesis.

- Gutiérrez D, L. J. 1990. Insectos que infestan los granos y productos almacenados (listado de especies reportadas a nivel mundial). Sociedad Mexicana. Entomológica. Editorial. Mexicana. Postcosecha. 46 p.
- Hellpap, C. 1993. Steps for developing botanical pesticides. Manuscrito. G.T.Z.
- Iannacone, J. y Reyes, M., 2001. Efecto de la rotenona y neem sobre *Bemisia tabaci* *Gennadius* (Homoptera: Aleyrodidae) y *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), plagas del tomate en Perú. *Agronomía Tropical*, 51: 65-79.
- Iannacone, J. y Lamas, G. 2003. Plantas biocidas usadas en el control de la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Peruana de Entomología*, 43: 79-87.
- Insecticide Resistance Action Classification Committee (IRAC) 2012. Método de bioensayo No.12 Insecticides Resistance Action Committee. España.
- Kermanshai, R., McCarry, B.E., Rosenfeld, J., Summers, P.S., Weretilnyk, E.A. and Sorger, G.J. 2001. Benzyl isothiocyanate is the chief or sole anthelmintic in papaya seed extracts. *Phytochemistry* 57:427-435.
- Kehr, M. E. 2002. Cultivo del ajo (*Allium sativum*) para la zona del sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco. Chile.
- Khorshidi, J., M. Rahmat, F.T. Mohamed & N. Himan. 2009. Influence of drying methods, extraction time, and organ type on essential oil content of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Natural Science*, 7(11): 42-44.
- Lagunes, T. A. y Rodríguez, C. 1989. Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. CONACYT/Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. p. 147.
- Lagunes, T. A. 1994. Extractos de polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Posgraduados /USAID /CONACYT /BORUCONSA. 35 p. México.

- Mayton, H., Olivier, C., Vaughn, S. and Loria, R. 1996. Correlation of fungicidal activity of Brassica species with allyl isothiocyanate production in macerated leaf tissue. *Phytopathology* 86:267-271.
- Metcalf, C.L. y W. P. Flint. 1984. Insectos destructivos e insectos útiles: sus costumbres y su control. Compañía Continental, S.A. de C.V. México. 1208 p.
- Morales, C.T.M., Piedrasanta, B. R.B. y Benites, P.I.L. 2002. Obtención y caracterización de capsicina, ingrediente activo de productos Fito farmacéuticos y agroindustriales de tres especies de capsicum (*Capsicum chinense*, *Capsicum annuum* L. V. *Capsicum annuum*) cultivadas en Guatemala. Centro de Investigaciones de Ingeniería. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Universidad de San Carlos. Guatemala.
- Moreno, H. A. 2010. Introducción de canela en esquemas de diversificación productiva. Universidad Veracruzana, Prieria edición. Xalapa Veracruz México.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R. y Anthony, S. 2009. World Agroforestry Center
- Park, B.S., Lee, S.E., Choi, W.S., Jeong, C.Y., Song, C. y Cho, K.Y. 2002. Insecticidal and acaricidal activity of pipernonaline and piperocetadecalidine derived from dried fruits of *Piper longum* L. *Crop Protection*. Elsevier Science.
- Paula, V., Barbosa, L.C., Demuner, A., Piloveloso, D. y Pincanco, M. 2000. Synthesis and insecticidal activity of new amide derivatives of piperine. Universidad Federal de Vicosá. *Pest Management Science*. Vicosá, Brasil.
- Peña, M.J., Castro, J.C., Soto, A. 2013. Evaluación de insecticidas no convencionales para el control de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) en fríjol. Laboratorio de Entomología del Departamento de Producción Agropecuaria, de la Universidad de Caldas. *Revista de la Universidad de ciencias aplicadas y ambientales*, Caldas, Manizales, Colombia. 16(1): 131 – 138.

- Pontigo, S. A.G., Trejo, M. M. A., Lira, V. A. A. 2015. Desarrollo de un Recubrimiento con Efecto Antifúngico y Antibacterial a Base de Aceite Esencial de Orégano para Conservación de Papaya. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Laboratorio De Postcosecha de Productos Vegetales, Centro de Asimilación de Tecnológica, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Estado de México, México.
- Ratzka, A., Vogel, H., Kliebenstein, D.J., Mitchell, O. T. and Kroymann, J. 2002. Disarming the mustard oil bomb. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99:11223-11228.
- Rovetto, G., Moreno, N., Bolívar, V., Calvo, S., Suárez, G., Justiniano, C., Paredes, E., y Caballero, O. 2009. Aplicaciones medicinales del Tomillo. Universidad Cristiana de Bolivia, Universidad Ciencia y Sociedad. Revista Boliviana vol. 1 no. 2 Santa Cruz de la sierra, Bolivia.
- Rodríguez, C. y Lagunes, A. 1992. Plantas con propiedades insecticidas; resultados de pruebas experimentales en laboratorio, campo y granos almacenados. Agroproductividad, vol.1, p.17-25.
- Rossetti, M.R., Defago, M.T., Carpinella, M. C., Palacios, S. M. y Valladares, G. 2008. Actividad biológica de *Melia azedarach* sobre larvas de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 67 (1-2): 115-125.
- Regnault, P. y Roger, C., 1997.- The potential of botanical essential oils for insect pest control. Integrated Pest Management Reviews, 2: 25-34.
- Salvadores, U.J. Silva, G., Tapia, V. M. y Hepp, G.R. 2007. Polvos de Especies Aromáticas para el Control del Gorgojo del Maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en Trigo Almacenado. Agricultura Técnica. Chile.
- Sandoval, O.W.E. 2007. Estudio De Mercado de Pimienta Negra *Piper nigrum* y contribución a mejorar los Sistemas de Producción Agrícola y Forestal de la

Comunidad Nueva Libertad del Municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

- Sanchez, G.L., Vargas, M. Gonzalez, M.C., Ciralt, A. y Chafer, M. 2011. Use of esencial oils in bioactive edible coating. *Food Engineering Reviews*.
- Sardans, J., F. Roda. y J. Peñuelas. 2005. Effects of water and nutrient pulse supply on *Rosmarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. *Environmental and Experimental Botany*, 53(1): 1-11.
- Savidan, A. y Bergvinson, D. J. 2000. Insects in stored maize. In: EMBRAPA (ed.) XXI International Congress of Entomology. Iguassu Falls, Brazil. p.89.
- Serratos, H. J. A. 2009. El Origen y la diversidad del Maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. México.
- Scott, I.M., H. Jensen, R. Nicol, L. Lesage, R. Bradbury, P. Sánchez. Vindas L. Poveda, J.T. Arnason y B.J.R Philogene. 2004. Efficacy of Piper (Piperaceae) extracts for control of common home and garden insect pests. *Journal. Economic Entomology*. 97(4), 1390-1403.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP) 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pecuaria. México.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT-CONABIO), 2016 Comisión Nacional para el conocimiento y uso de Biodiversidad. México.
- Shaaya , E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U. and Pistarev, V. 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored product insects. *Journal Chemical Ecology*; 17(3): 499-504.
- Schmidt, G. H., Ahmed, A. I. and Breuer, M. 1997. Effect of *Melia azedarach* extract on larval development and reproduction parameters of *Spodoptera littoralis* B. and *Agrotis ipsilon* H. (Lep. Noctuidae). *Phytoparasitica* 26 (4): 164-172.

- Silva, A. G., Lagunes, T.A., Rodríguez, M.J.C y Rodríguez, L.D. 2002. Insecticidas vegetales; Una vieja nueva alternativa en el control de plagas. Revista Manejo Integrado de Plagas No. 66 p. 4-12. Costa Rica.
- Silva, G., Lagunes, T. A. y Rodríguez, J.C. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. Ciencia e investigación Agraria v. 30, p 153-160.
- Silva, G., Orrego, O., Hepp, R. y Tapia, M. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Chillán, Chile. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. v.40, n.1, p.11-17.
- Sotelo, J.I., D. Martínez, F. y P. Marriel. 2002. Evaluation of the effectiveness of *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) in the alleviation of carbon tetrachlonda induced acute hepatocity in the rat. Journal of Ethopharmacology, 81(3): 145-154.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2002. SAS Systems for information delivery for Windows. Release 9.0. Cary, North Caroline. USA
- Su, H.F.C. 1990. Biological activities of hexane extract of *Piper cubeba* against rice weevils and cowpea weevils (Coleoptera: Curculionidae). Journal Entomological Science. 25(1): 16-20.
- Tajima, H., Kimoto, H., Taketo, Y. and Taketo, A. 1998. Effects of synthetic hydroxy isothiocyanates on microbial systems. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry 62:491-495.
- Terranova 2001. Enciclopedia Agropecuaria Terranova. Terranova Editores, ISBN 9589271219, 9789589271216.
- Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM 2009. Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana

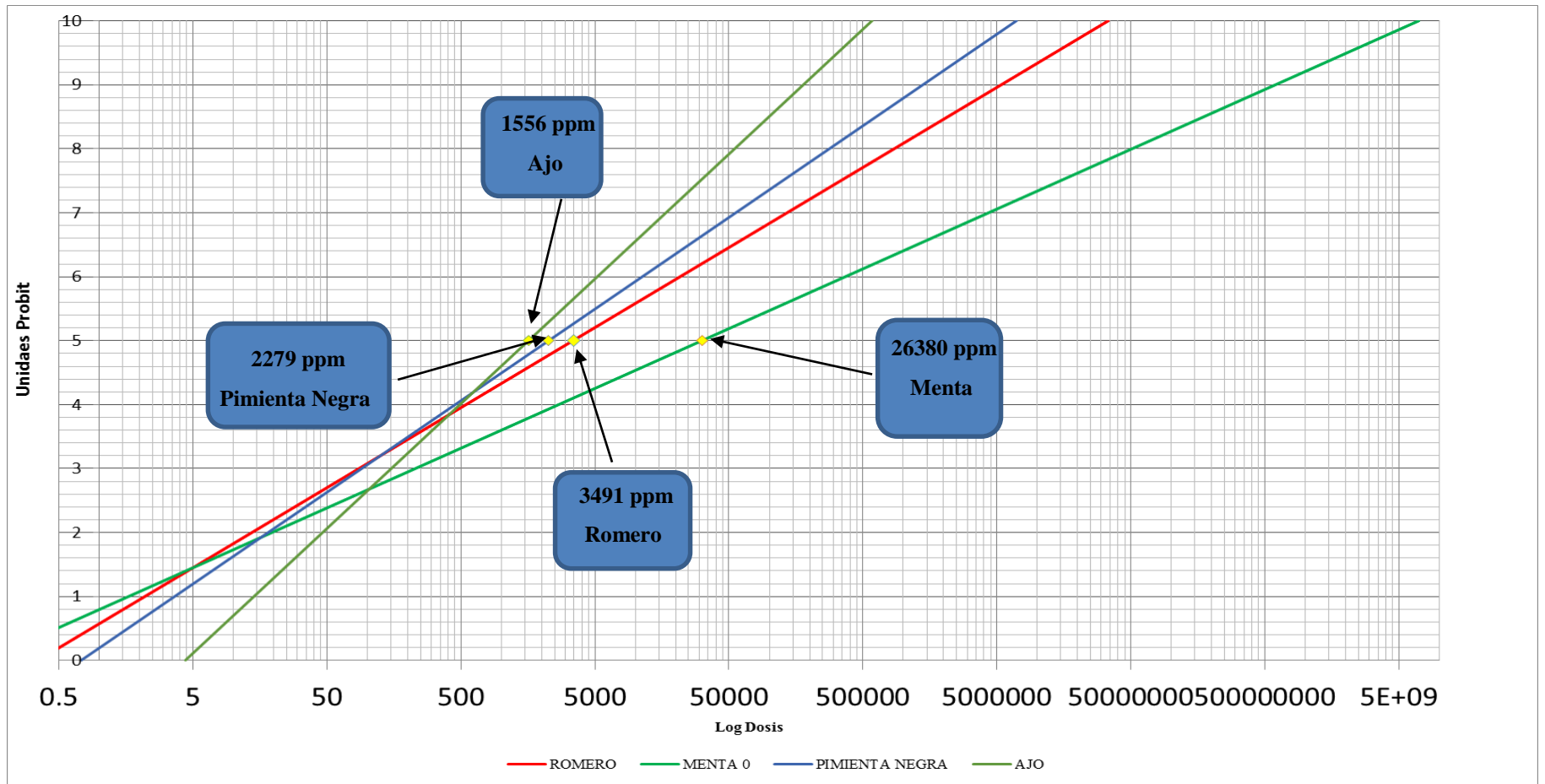
United States Department of Agriculture (USDA) 2016. Plants Database. Natural Resources Conservation Service. United States of America.

Vásquez, R.F. 2005. Evaluación de extractos vegetales en el control de insectos plaga a nivel de huerto familiar. Memoria de residencia. ITAO. No. 23 Oaxaca. México. 35p.

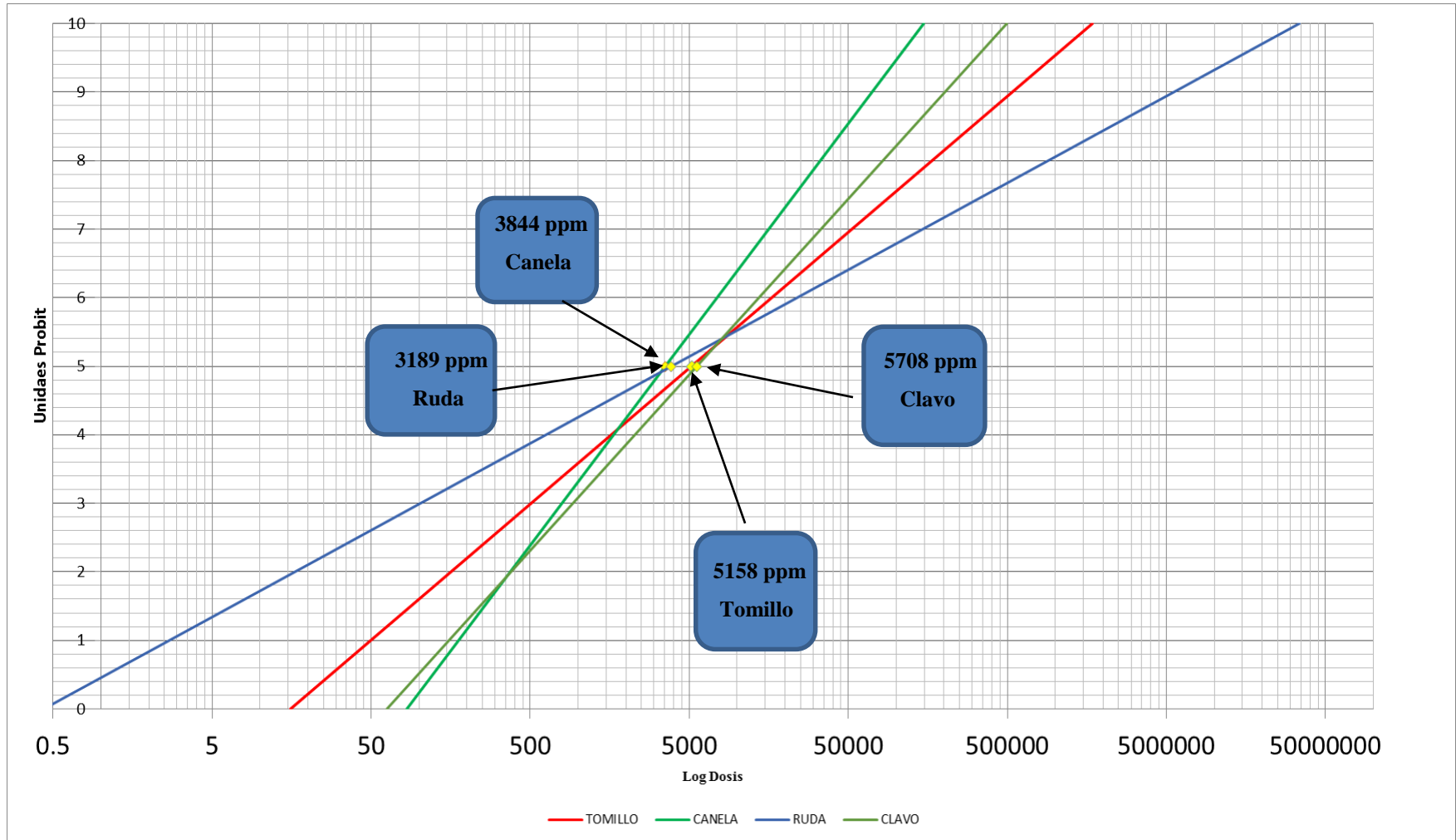
Weaver, D., y Subramanyam, B. 2000. Botanicals. In: Subramanyan, B. and D. W. Hagstrum (Eds.). Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Kluwer Academic Publishers. Boston. USA

ANEXOS

Anexo 1. Concentración letal (CL₅₀) de los aceites de romero, menta, pimienta negra y ajo evaluados para el control de *S. zeamais*.



Anexo 2. Concentración letal (CL₅₀) de los aceites de tomillo, canela, ruda y clavo evaluados para el control de *S. zeamais*.



Anexo 3. Concentración letal (CL₅₀) de los aceites de tomillo, canela, ruda y clavo evaluados para el control de *S. zeamais*.

