

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA EL CONTROL DE GORGOJO (*Sitophilus zeamais*) EN MAÍZ ALMACENADO, COATEPEQUE, QUETZALTENANGO
TESIS DE GRADO

WILBER EFRAIN ALVARADO BARRENO
CARNET 25156-11

COATEPEQUE, OCTUBRE DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA EL CONTROL DE GORGOJO (*Sitophylus zeamais*) EN MAÍZ ALMACENADO, COATEPEQUE, QUETZALTENANGO
TESIS DE GRADO

**TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

**POR
WILBER EFRAIN ALVARADO BARRENO**

**PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**COATEPEQUE, OCTUBRE DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE**

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS

VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. RAFAEL CASTAÑEDA TORO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
ING. JUAN RAMÓN RODRÍGUEZ OCHOA
ING. SERGIO ALEJANDRO MANSILLA JIMÉNEZ

Coatepeque, 16 de septiembre de 2017

Consejo de La Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas Presente
Presente

Estimados miembros del Consejo

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante; **Wilber Efraín Alvarado Barreno**, carné No. **25156-11**, titulada: **"EVALUACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA EL CONTROL DE GORGOJO (*Sitophylus zeamais*) EN MAIZ ALMACENADO, COATEPEQUE, QUETZALTENANGO"**,

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente



F. _____

Ing. Agr. Rafael Castañeda Toro
Colegiado No. 4824



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06822-2017

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante WILBER EFRAIN ALVARADO BARRENO, Carnet 25156-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 06166-2017 de fecha 19 de octubre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA EL CONTROL DE GORGOJO (*Sitophylus zeamais*) EN MAÍZ ALMACENADO, COATEPEQUE, QUETZALTENANGO

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 25 días del mes de octubre del año 2017.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

Agradecimiento

A Dios

Por ser mi guía y protección en mi caminar, brindarme la sabiduría y fortaleza para permitir culminar mi carrera.

A mis padres y hermanos

Por los valores brindados, formación, amor, protección y apoyo incondicional para alcanzar mis metas y animarme a nunca darme por vencido en momentos importantes de mi vida.

A la Universidad Rafael Landívar

Por los conocimientos y la formación en valores inculcados para ser un profesional comprometido en el desarrollo de la sociedad.

A mi asesor

Por su tiempo y apoyo en revisión y corrección para concluir la realización del trabajo de investigación.

A la terna evaluadora

Por la retroalimentación y consejos brindados para mi crecimiento personal y profesional.

DEDICATORIA

A Dios

Por todas las oportunidades y bendiciones que he recibido, ser mi guía y darme la sabiduría necesaria para cumplir un sueño más en mi vida.

A mis padres

Por brindarme en todo momento su apoyo y amor incondicional, guiarme por el camino del bien, por demostrarme que se puede salir adelante con mucho esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos

Por el apoyo incondicional en todo momento y orientarme a salir adelante.

A mi familia

Gracias por ser parte de las etapas de mi vida y demostrar su afecto y unión en todo momento.

A mi esposa

Por su apoyo incondicional, ayuda y comprensión en todo momento.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES	3
2.2 IMPORTANCIA ACTUAL DEL MAÍZ	5
2.3 GRANO DE MAÍZ	6
2.4 PLAGAS POSTCOSECHA DEL MAÍZ	6
2.5 GORGOJO DEL MAÍZ	7
2.5.1 Importancia Económica	7
2.5.2 Clasificación taxonómica del gorgojo del maíz	8
2.5.3 Morfología del gorgojo del maíz	8
2.5.4 Ciclo de vida.....	10
2.6 FORMA TRADICIONAL DE ALMACENAMIENTO DE GRANO DE MAÍZ	11
2.6.1 Troje tradicional o prensa de maíz	11
2.6.1.1 Preparación del troje	11
2.6.1.2 Manejo de la mazorca	12
2.7 INSECTICIDAS ORGÁNICOS EN GRANOS ALMACENADOS	12
2.7.1 Descripción y uso tradicional de las especies vegetales estudiadas	13
a. Apazote (<i>Chenopodium ambrosioides</i> , L)	13
b. Neem (<i>Azadirachta indica</i> , A Juss.).....	14
c. Ruda (<i>Ruta graveolens</i> , L)	14
d. Flor de muerto (<i>Tagetes erecta</i> , L.)	15
e. Fosfuro de aluminio.....	16
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	17
4. OBJETIVOS.....	19
4.1 GENERAL.....	19
4.2 ESPECÍFICOS.....	19
5. HIPÓTESIS	20

5.1 HIPÓTESIS ALTERNA.....	20
6. METODOLOGÍA	21
6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	21
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	21
6.3 FACTORES A ESTUDIAR	22
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	22
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
6.6 MODELO ESTADÍSTICO	23
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	23
6.8 CROQUIS DE CAMPO	24
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO	24
6.9.1 Colecta de material vegetal	24
6.9.2 Secado y preparación de fitoinsecticidas.....	24
6.9.3 Elaboración de trojas.....	24
6.9.4 Aplicación de tratamientos	25
6.9.5 Muestreos	25
6.9.6 Forma de muestreo	25
6.9.7 Frecuencia de Muestreo.....	25
6.9.8 Manejo de la muestra.....	25
6.10 VARIABLES DE RESPUESTA.....	25
a) Porcentaje de mortalidad.....	26
b) Porcentaje de grano dañado.....	26
c) Porcentaje de pérdida de peso	26
d) Días de control	27
e) Análisis económico	27
6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	27
6.11.1 Análisis estadístico.....	28
6.11.2 Análisis económico	28
a. Presupuesto Parcial.....	28
6.11.3 Análisis de dominancia	28
6.11.4 Análisis de la tasa marginal de retorno a capital (TMRC)	28

7. RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
7.1. PORCENTAJE DE MORTALIDAD.....	29
7.2. PORCENTAJE DE GRANO DAÑADO	32
7.3. PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO.....	34
7.4. DÍAS DE CONTROL	37
7.5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	39
a) Identificación de rubros de costos relevantes	40
b) Estimación de los precios de los insumos.....	40
c). Estimación de costos que varían	40
d) Estimación de los rendimientos ajustados, beneficio bruto y beneficio neto.....	41
e) Análisis de dominancia	42
f) Calculo de la tasa de retorno marginal (TRM).....	44
g) Cálculo de la tasa mínima de retorno (TAMIR)	44
h) Determinación del tratamiento más rentable	44
8. CONCLUSIONES	45
9. RECOMENDACIONES	46
10. BIBLIOGRAFÍA	47
11. ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Especie y parte empleada en la evaluación	22
2. Tratamientos evaluados	22
3. Análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad de gorgojo del grano de maíz (<i>Sitophilus zea-mais</i>), mediante la aplicación de especies vegetales	30
4. Prueba de Tukey para el porcentaje de mortalidad de gorgojo del grano (<i>Sitophilus zea-mais</i>), mediante la aplicación de especies vegetales.....	30
5. Análisis de varianza para el porcentaje de grano dañado por picudo del grano de maíz (<i>Sitophilus zea-mais</i>) y su control mediante el uso de especies vegetales ($P < 0.05$).....	32
6. Prueba múltiple de medias para el porcentaje de grano dañado por <i>S. zea-mais</i> y su control mediante el uso de especies vegetales ($P < 0.05$).....	33
7. Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso de grano de maíz, causado por <i>S. zea-mais</i> , y su control mediante el uso de especies vegetales ($P < 0.05$).....	35
8. Prueba múltiple de medias para el porcentaje de pérdida de peso de grano de maíz, causado por <i>S. zea-mais</i> ($P < 0.05$)	35
9. Prueba múltiple de medias para el porcentaje de pérdida de peso de grano de maíz, causado por <i>S. zea-mais</i> ($P < 0.05$)	37
10. Costos variables por kilo de cada uno de los tratamientos evaluados	40
11. Rendimientos Ajustados, beneficios brutos y netos de los tratamientos evaluados	42
12. Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados	43
13. Calculo de la tasa de retorno marginal (TRM) de los tratamientos dominados	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ciclo de vida de <i>Sitophilus zea-mais</i> en el grano de maíz.....	10
2. Dimensiones de la unidad experimental.....	23
3. Porcentaje de mortalidad de <i>S. zea-mais</i> en cada uno de los tratamientos.....	31
4. Porcentaje de grano dañado en cada uno de los tratamientos.....	34
5. Efecto de polvos vegetales sobre <i>S. zea-mais</i> aplicando 6 tratamientos	36
6. Infestación de <i>S. zea-mais</i> en seis diferentes tratamientos para su control durante 150 días.	39
7. Costos que varían y beneficio neto de cada uno de los tratamientos	42

EVALUACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA EL CONTROL DE GORGOJO (*Sitophilus zea-mais*) EN MAÍZ ALMACENADO, COATEPEQUE, QUETZALTENANGO

RESUMEN

La presente investigación se realizó en Aldea San Vicente Pacayá la cual se localiza sobre las coordenadas Latitud Norte 14° 36' 01" y Longitud Oeste 91° 05' 33", ubicada a una altura de 70 metros sobre el nivel del mar, en el municipio de Coatepeque, Quetzaltenango. Bajo un diseño de bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones, se evaluó el efecto del polvo de hojas secas de Neem (*Azadirachta indica*), Apazote (*Chenopodium ambrosioides*) Ruda (*Ruta graveolens*) y Flor de muerto (*Tagetes erecta*), se tuvo un testigo absoluto y como testigo relativo Fosfuro de Aluminio, para el control de *Sitophilus zea-mais* en trojes tradicionales de maíz, como material experimental se utilizaron mazorcas de maíz, del híbrido HB-83. Los resultados obtenidos mostraron que el tradicional uso de fosfuro de aluminio provocó el 100% de mortalidad entre adultos de picudo del grano de maíz, la mortalidad provocada por los productos vegetales fue del 84.25%, ($P < 0.05$), provocados por neem. Además, neem y apazote, estadísticamente permiten porcentajes de daño de grano similares, neem permitió un daño del 1.41% y apazote 2.43% con una diferencia entre estos tratamientos de 1.02%. Se recomienda para el control de *Sitophilus zea-mays*, almacenado en trojes tradicionales, la aplicación de fosfuro de aluminio a una dosis de 0.7500 gr/45.36 kg de mazorca (1 qq), como control químico o la aplicación de polvo de hojas de neem, utilizando el 5% del peso total de mazorcar que se apilan en la troje tradicional (2.2675 kg/45.36 kg).

1. INTRODUCCIÓN

El Maíz es el cultivo primordial que por excelencia se desarrolla en Guatemala, su importancia radica ya que es la base alimentaria de muchas familias y que también se destina para la crianza y producción animal como base forrajera y de concentrados (Cuz, 2014). Por tanto, al ser eslabón indispensable en una cadena de manutención y sobrevivencia de la población guatemalteca, por lo que se vuelve necesaria la selección apropiada de métodos de almacenamiento que aseguren el abastecimiento adecuado ya que constituye una necesidad alimenticia, social y económica. La pérdida de este grano atenta contra la seguridad alimenticia del agricultor y su familia ya que constituye una fuga de alimento ya producido, por lo que su prevención es importante como su producción.

Los agricultores de la Aldea San Vicente Pacayà, utilizan el maíz cosechado para su alimentación, consumo animal y semilla para la siembra, por lo que ellos necesitan almacenar el grano, utilizando para ello el troje tradicional. Esto con el objetivo de preservarlo en buen estado por varios meses, libre de plagas que puedan causar deterioro del mismo. Debido a que en la mayoría de los casos las trojes rústicas revisten características transitorias, por lo general no están construidas o adaptadas para conservar la mazorca por períodos de tiempo prolongados.

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeae-mais*), es una de las plagas más importante de las trojes, para el control algunos utilizan fosfuro de aluminio que combate a los gorgojos, con lo que se logra almacenar los granos sin importar el grado de contaminación con este insecticida (García, 2009).

Por tal razón se buscan alternativas orgánicas basada en la utilización de plantas de la región. La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal, exhiben un efecto insectistático, es decir, inhiben el desarrollo y comportamiento de los insectos en lugar de matarlos directamente por sus propiedades tóxicas. Sin embargo, no se puede olvidar que algunas sustancias vegetales sí provocan un efecto insecticida, como sucede con las piretrinas, la nicotina o la rotenona. Partiendo de estas

propiedades de control se propone en la presente investigación evaluar el efecto que puede tener el Neem (*Azadirachta indica*), Apazote (*Chenopodium ambrosioides*), Flor de muerto (*Tagetes erecta*), Ruda (*Ruta graveolens*), en el control de gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*), en trojes rusticas de agricultores de aldea San Vicente Pacayá.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Entre las plantas utilizadas para la protección de granos almacenados destaca el Neem (*Azadirachta indica*, Meliaceae), a la cual se le atribuye la mayor actividad insecticida e insectistática a nivel mundial (Rodríguez 1999), la cancerina (*Hippocratea excelsa*, Hippocrateaceae) que ha demostrado actividad tóxica para cuatro especies de insectos plaga en granos almacenados (Rodríguez 1990, Rodríguez y Lagunes 1992, Domínguez y Correa 1998), el mumo (*Piper auritum*, Piperaceae) que se ha utilizado tradicionalmente en la región Chatina de Oaxaca, México para proteger el grano almacenado de plagas y la chilca (*Senecio salignus*, Asteraceae) la cual se ha utilizado desde épocas remotas en los Altos de Chiapas, México para evitar las plagas en frijol almacenado (Miranda 1952).

Salvadores (2007). Evaluó a nivel de laboratorio, polvos vegetales provenientes de nueve especias condimentarias para el control de *S. zeae-mais* en concentraciones de 0,5; 1; 2 y 4%. Las variables evaluadas fueron mortalidad y emergencia (F1) de adultos y pérdida de peso y germinación del grano. También se evaluó el efecto repelente y fumigante a las concentraciones de 0,5; 1 y 2%. El diseño experimental fue completamente al azar, los tratamientos tuvieron cuatro repeticiones y el grupo de tratamientos fue repetido tres veces. Las mayores mortalidades se obtuvieron con *Piper nigrum* L. a 1% (83,4%), 2% (97,6%) y 4% (100%). Las menores emergencias de insectos adultos se obtuvieron en los mismos tratamientos más *Capsicum annuum* var. Longum Sendtn., *Cinnamomun zeylanicum* Blume y *Pimpinella anisum* L. al 4% (p/p). La pérdida de peso y germinación de granos no registraron diferencia significativa. Todos los polvos vegetales fueron repelentes para *Sitophilus zeae-mais* y ninguno tuvo efecto fumigante.

Salgado (2012), Evaluó el efecto tóxico y repelente del aceite esencial de *P. crassinervum* sobre *S. zeae-mais*, a través de los métodos de contacto con granos, aplicando directamente el producto en las concentraciones de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 y 4,0 μ L/g y el contacto en papel filtro, aplicando el producto sobre papel filtro y su

posterior infestación con adultos, utilizando concentraciones de 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 y 1,41 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$. Por el método de contacto en papel filtro se obtuvo una CL_{50} y CL_{95} de 0,07 y 0,63 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, respectivamente. Cuando se evaluó la toxicidad del aceite en diferentes concentraciones, se obtuvo un TL_{50} y TL_{95} de 58,62 y 72,86 h, respectivamente. Por el método de contacto con granos la CL_{50} y CL_{95} fue de 0,72 y 3,99 $\mu\text{L}/\text{g}$ del producto y el TL_{50} y TL_{95} fue de 17,11 y 77,85 h, respectivamente. Se determinó el efecto de repelencia de *P. rassinervum*, encontrándose que a una concentración de 2 $\mu\text{L}/\text{g}$ se presentó el menor valor de preferencia (13,1%). De acuerdo con los resultados obtenidos, *P. crassinervum* presenta efecto tóxico y repelente sobre *S. zeamais*.

Molina (2000) Evaluó la patogenicidad de aislamientos de *Beauveria bassiana*, para controlar los insectos plaga *Prostephanus truncatus* y *Sitophilus zeae-mais*, en mazorcas de maíz almacenado. Se evaluó también la patogenicidad del hongo sobre *Teritriosoma nigrescens*, depredador natural de *P. truncatus*. Se mezclaron conidios secos del hongo con caolinita y se aplicaron a trojas de maíz de 450 mazorcas acomodadas en capas de 50. Se montaron dos ensayos, en el primero se evaluaron aplicaciones del hongo al momento de almacenar el maíz, y en el segundo se evaluaron aplicaciones del hongo realizadas después de almacenar el maíz. La mortalidad de *P. truncatus* fue cuatro veces mayor en el ensayo donde se aplicó el hongo en forma preventiva. La mortalidad de *S. zeae-mais* fue el doble en el tratamiento donde se aplicó el hongo al momento de inocular con *P. truncatus*. Los niveles de mortalidad por *B. bassiana* fueron mayores en *P. truncatus* que en *S. zeae-mais*, pero *S. zeae-mais*, pero este último mostró un 20% más de infección que el primero.

Silva (2005). Evaluó bajo condiciones de laboratorio, 23 plantas en polvo para el control de *Sitophilus zeae-mais*, en maíz almacenado. En una primera etapa se evaluaron todos los polvos a una concentración del 1,0% (p/p), posteriormente aquellos polvos con mejores resultados fueron probados en concentraciones del 0,1, 0,5, 1,0 y 2,0% en granos de maíz infestados con los insectos a las 24 horas, 30, 60 y 90 días. Se evaluaron 63 tratamientos distribuidos en un diseño experimental completamente al

azar y el ensayo se repitió tres veces. En la primera etapa, la mayor mortalidad de insectos se obtuvo con *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* Mol, con 65,8% y 99,3%, respectivamente. Estos tratamientos también propiciaron la menor emergencia de adultos, mientras que la pérdida de peso de los granos no superó el 13,0%. En las evaluaciones a diferentes concentraciones mostraron una mayor mortalidad y menor emergencia a concentraciones del 1,0% y 2,0% (p/p), obteniéndose para *C. ambrosioides* una mortalidad del 90,3% y 90,1% y para *P. boldus* 97,1% y 98,8%, respectivamente. La residualidad se mantuvo sólo en el tratamiento de 24 horas.

2.2 IMPORTANCIA ACTUAL DEL MAÍZ

Originario de América, el maíz, *Zea mays* L, fué domesticado hace unos 7000 años por los pueblos americanos (Pollak y White, 1995). Esta domesticación se encuentra íntimamente ligada con el inicio de las culturas mesoamericanas (Díaz-Pontones, 2001), para las cuales no solo representó la fuente más importante de alimento, sino que fue objeto de diferentes cultos y origen de arraigadas tradiciones. Según la cultura maya, por ejemplo, el origen de la humanidad se dió a partir del maíz a través de su dios *Yum Kax*, al que representaban siempre como un joven sosteniendo una o varias mazorcas de maíz (Grube, 2000). El origen del maíz se dio entre la antigua Mesoamérica (México y América Central), a partir de la cual se distribuyó por todo el continente y posteriormente al resto del mundo. Este cultivo constituye el alimento base de los países más pobres, y es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales de mayor importancia económica a nivel mundial. Con una producción global de casi 800 millones de toneladas constituye el principal alimento para la quinta parte de la humanidad y se considera el cultivo de mayor distribución del planeta. Dado que México y Guatemala se considera el centro de origen y diversidad del maíz, su producción y conservación es de especial importancia para el desarrollo agrícola del país. Desde el punto de vista agrícola los factores bióticos y abióticos son los de mayor importancia en este complejo. Se ha establecido que estos factores son responsables de pérdidas entre un 70 a 95% de la cosecha cuando las condiciones de cultivo y almacenamiento son deficientes. Las plagas generan bajos rendimientos durante el proceso de producción (> 10%), así como pérdidas durante el periodo de postcosecha (10-20%) (Bergvinson 2004).

2.3 GRANO DE MAÍZ

La estructura del grano de maíz maduro o cariopsis comprende: 1) la cubierta que incluye el pericarpio y la testa (5-6%), 2) el endospermo (80-85%) que incluye la capa de aleurona (2-3%) y 3) el embrión o esporofito (10-12%) y el pedicelo o piloriza (0.8-1.1%) que es tejido inerte en que se unen el grano y el carozo (FAO, 1992).

El grano de maíz, es considerado el ecosistema que sirve como fuente de energía y a su vez como hábitat del insecto *Sitophilus zeae-mais*. Vázquez (2001) sugirió que la mayoría de los insectos que sobreviven en el ecosistema de los granos almacenados provienen de otros ecosistemas, presentando así una estrecha relación planta-insecto, teniendo estos una gran capacidad de adaptación para alimentarse, protegerse y reproducirse. Durante el almacenamiento de los granos cosechados, se ha visto que intervienen dos factores muy importantes (humedad y temperatura) para crear un ambiente óptimo siendo así el grano más susceptible al ataque de las plagas de postcosecha. Por otra parte, intervienen características físicas, químicas y bioquímicas del grano de maíz como son: dureza, tamaño, humedad, contenido de proteínas, azúcares, grasas, amilasa, triptófano y lisina, que varían en los diferentes tipos de maíz, provocando alteración en el comportamiento de los insectos que son considerados plagas de postcosecha. Las plagas de postcosecha como son de gran importancia económica, por actuar como interacciones negativas entre maíz-insecto comparándolo con el modelo planta-herbívoro, que permite el análisis de los mecanismos naturales de defensa del maíz al proceso de colonización de las plagas de postcosecha (Serratos, 1993).

2.4 PLAGAS POSTCOSECHA DEL MAÍZ

Uno de los principales problemas en el almacenamiento de maíz son las plagas por lo que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, estima que el 5% de todos los granos cosechados se pierden antes de consumo. La magnitud de las pérdidas varía en cada país y año. En los países como Guatemala, donde el almacenamiento de granos es deficiente para el nivel rural, se ha reportado que los insectos destruyen hasta un 25% de la cosecha almacenada (Painter, 1958).

Pero en la actualidad en Guatemala en zonas húmedas (80%-85%) la pérdida es mayor de un 90% (García, 2003). Los insectos causan daños a los granos y semillas en el almacén, mediante la destrucción y el consumo del grano, con fines de alimentación y oviposición, desde los estadios larvarios hasta la etapa adulta. Estos insectos infectan al grano con bacterias, virus y hongos, contaminándolos con sus excrementos y cuerpos muertos. Así mismo la condición anormal del grano y el metabolismo de los insectos que lo infestan, demeritan la calidad alimenticia, el valor económico y el poder germinativo de los granos y semillas (Painter, 1958).

2.5 GORGOJO DEL MAÍZ *Sitophilus zeae-mais* MOTSCHULSKY

Se le conoce como “gorgojo”, se considera como un insecto originario de la India, y ha sido ampliamente diseminado a través de movimiento comercial de productos. Es normal encontrarlo en zonas tropicales, subtropicales y también en ambientes templados. Este insecto a pesar de tener alta preferencia por el maíz, ha demostrado capacidad de atacar al sorgo y otros cereales. En regiones tropicales y subtropicales donde puede ocasionar hasta el 18% de pérdidas al grano almacenado en 48 días, debido a que en estas zonas se tiene la humedad y temperatura que favorecen su producción (Adams, 1976).

2.5.1 Importancia económica

Este insecto causa una gran destrucción en los granos en almacenamiento, especialmente cuando las condiciones ambientales le son favorables para su desarrollo y el grano permanece estacionario por algún tiempo. Este insecto junto con *Sitophilus granarius*, constituyen muy posiblemente las especies más destructoras de los granos almacenados en el mundo. *S. zeamais* tiene gran capacidad de vuelo, lo que le permite infestar los cereales desde el campo. Ataca todos los cereales, siendo extraordinariamente destructivo. Las hembras horadan el grano y depositan en cada diminuta perforación un huevecillo que posteriormente es cubierto con una secreción, por lo que su presencia pasa inadvertida. Cada hembra deposita de 200 a 500 huevos durante todo su ciclo de vida, dependiendo de la temperatura los huevecillos eclosionan

entre tres y cinco días. La larva, carente de patas, se alimenta, se transforma en pupa y finalmente en adulto, dentro del grano (Longstaff, 1981, García, 2009).

2.5.2 Clasificación taxonómica del gorgojo del maíz

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Coleóptera

Suborden: Pollíphaga

Superfamilia: Curculionoidea

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Rhynchophorinae

Género: *Sitophilus*

Especie: *Sitophilus zeae-mais*, Motschulsky, 1855.

Fuente: García (2009).

2.5.3 Morfología

Sitophilus zeae-mais es capaz de sobrevivir de 4 a 5 meses. Se caracteriza por tener; región circumoral alargada en forma de una trompa o probóscide larga y recurvada; las antenas son geniculadas, insertas en los lados de la probóscide, y terminadas en una maza compacta. Su cuerpo es generalmente ovalado o semicilíndrico; las patas tienen los fémures engrosados, las tibias recurvadas y los tarsos son pseudotetrámeros, con pubescencia interior. Sus larvas tienen forma de “C”, casi cilíndricas, de color blanco cremoso. La hembra, produce de 200 a 500 huevecillos durante toda su vida y alcanzan su máxima producción de 3 a 4 meses después de que emergen (García, 2009). De apariencia morfológica y de color muy similar al gorgojo de arroz, *Sitophilus oryzae*. Sus élitros (parte posterior que recubre las alas anteriores del insecto), presentan igualmente cuatro manchas de color rojo cobrizo. Insecto con gran capacidad de vuelo que infesta los cereales desde el campo (Vásquez, 2001).

Danho (2002), observó que la cantidad del grano disponible para el insecto tiene una relación directamente proporcional con la oviposición y distribución de huevos, así como con la emergencia de adultos, peso y sexo de *S. zeamais*.

2.5.4 Ciclo de vida de *Sitophilus zeae-mais*

S. zeae-mais 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 (Longstaff, 1981).

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 amilopectinas, 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 mas de 50 por semana. Una hembra produce entre 200 a 500 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, García, 2009).

Cada hembra puede depositar de 200 a 500 huevos blancos, piriformes, sobre o cerca del grano, de modo que, al emerger las larvas de primer estadio se desplazan hacia la semilla, perforándola para proseguir su desarrollo dentro de ella, convirtiéndose en pupa y después de siete días da origen al adulto, completando un ciclo de casi dos meses (García, 2009).

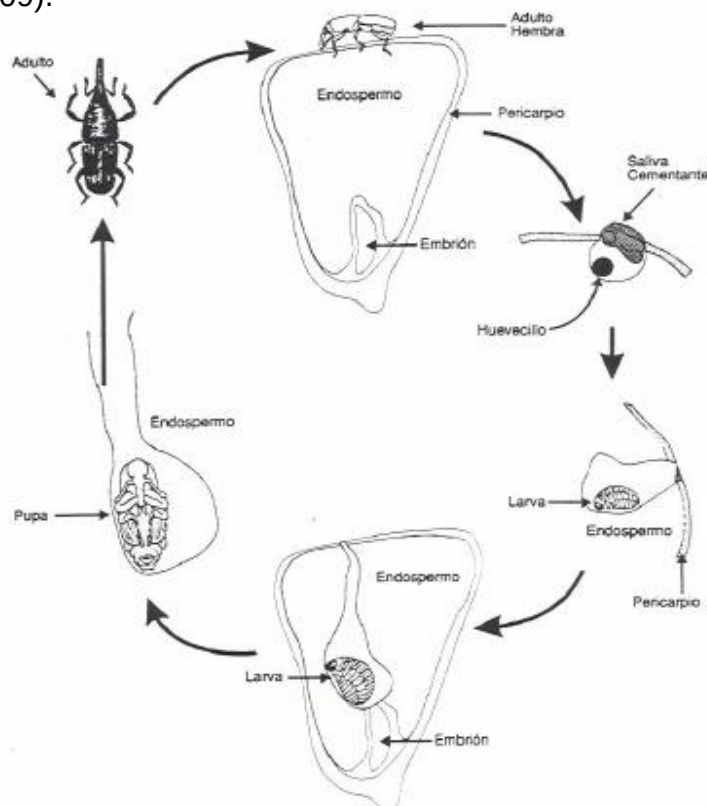


Figura 1. Ciclo de vida de *Sitophilus zeae-mais* en el grano de maíz (Serratos, 1993).

2.6 FORMA TRADICIONAL DE ALMACENAMIENTO DE GRANO DE MAÍZ

2.6.1 Troje tradicional o prensa de maíz

La troje tradicional para maíz es un lugar o depósito, ubicado generalmente dentro de la casa del agricultor, que sirve para almacenar mazorcas de maíz prensadas o tiradas. A veces puede encontrarse en una esquina de un cuarto de la casa, en un corredor interno o afuera, pero siempre bajo techo. Las paredes pueden estar construidas con madera rolliza, madera de desecho, ripio o tablas de orilla. Casi siempre se encuentra en el suelo, aunque lo recomendable sea construirla sobre una tarima de madera o cualquier otro material apropiado. El propósito de la troje es almacenar maíz hasta la próxima cosecha. Los agricultores que permiten el ataque de plagas en sus trojes, corren el riesgo de sufrir grandes pérdidas y peligro adicional de consumir el alimento contaminado (Ecoclima, 2013).

El modelo tradicional tiene poca ventilación, el maíz y otros productos solo pueden ser almacenados luego de un periodo de secado en el campo. No tiene protección contra el ataque de roedores y frecuentemente no lleva techo, esta expuesta a riesgos climáticos. En estas trojes las perdidas varían según la zona de un 15% a 25% causadas por roedores, por insectos un 4%, por pájaros 16% y por hongos un 4%.

2.6.1.1 Preparación del troje

- Antes de la cosecha el troje necesita mantenimiento, con atención especial a: techo, protectores contra roedores y paredes.
- Un troje bien construido y mantenido puede durar fácilmente 10 años.
- Se debe limpiar el troje y sus alrededores, quemar la basura, la limpieza del troje debe ser antes de almacenar el maíz u otros productos, así se reduce la infestación por insectos, hongos, reduce el ataque de roedores y garantiza un buen funcionamiento de los protectores
- No se recomienda guardar bolsas con granos, herramientas y otras cosas abajo del troje.
- Los animales domésticos no deben dormir o ingresar a troje ya que contaminan los productos almacenados.

- Mantener limpio el troje por dentro y por fuera es importante para la conservación de los productos almacenados (Ecoclima, 2013).

2.6.1.2 Manejo de la mazorca

El maíz en mazorca se cosecha anticipadamente: cuando este maduro o semiseco, con una humedad del 25 al 30% a aproximadamente. Es decir 2 meses antes del tiempo que el agricultor acostumbra cosechar. Esto evita las pérdidas causadas por insectos, aves, ratas y otros animales que atacan durante el secado el campo abierto (Ecoclima, 2013).

2.7 INSECTICIDAS ORGÁNICOS EN GRANOS ALMACENADOS

El uso irracional de plaguicidas sintéticos para el control de este problema se ha tornado ecológicamente inaceptable, debido a que producen efectos adversos sobre organismos benéficos y el desarrollo de resistencia por parte de insectos, hongos, bacterias y malezas. Esto ha llevado a aplicar dosis cada vez más altas, causando un mayor riesgo de intoxicación humana y un aumento en la contaminación ambiental.

Entre los métodos tradicionales para controlar insectos en almacenaje está el uso de arena, arcillas, cenizas y aceites que se mezclan con los granos. Estos materiales, además de constituir una barrera entre el insecto y la semilla, producen absorción de la cera de la cutícula del insecto, lo que causa su deshidratación (Larraín, 1994). Sin embargo, muchas veces estos compuestos de origen vegetal son erróneamente denominados como insecticidas, ya que la mayoría de ellos no eliminan al insecto, sino que actúan como repelentes, deterrentes de la oviposición, alimentación o simplemente como confusores (Silva, 2004).

Otra opción para evitar este problema, es utilizar plantas que poseen componentes con potencial para prevenir daños de insectos en cultivos y productos almacenados (Rodríguez y Lagunes, 1992). El uso de plantas con actividad insecticida como método alternativo de control de insectos, además de ser viable y seguro, permite reducir los problemas de contaminación y daños causados por los plaguicidas convencionales

(RAAA, 2000). El interés por la producción y empleo de medios biológicos obtenidos a partir de extractos de plantas, se debe a que éstas sintetizan compuestos secundarios los cuales pueden ser utilizados como medio de defensa contra plagas y enfermedades (Abou-Fakhr, 2001). Usualmente las máximas concentraciones de estos compuestos se encuentran en tejidos epidérmicos, las cuales pueden ser alteradas por clima, factores edáficos, exposición de microorganismos y pastoreo entre otros, situación que se debe considerar al momento de utilizar una estructura vegetal como método alternativo en el control de plagas (Swain, 1977).

2.7.1 Descripción y uso tradicional de las especies vegetales estudiadas

A continuación, se describen morfológicamente las especies que se usaron en este estudio.

a. Apazote

Nombre científico: *Chenopodium ambrosioides* L

Familia: Chenopodiaceae

Nombre común: Apazote o epazote

Hierva con tallo principal erecto, de 20 cm a 1 m de alto, con ramas ascendentes. El apazote tiene hojas alternas, pecioladas, ovadas a lanceoladas, de 5 a 15 cm de largo y 2 a 4 cm de ancho, borde lobulado, glabras a glandular-pubescentes, aromáticas.

Las flores son espigas ubicadas en las axilas de las hojas; perianto verde, de 1 mm de ancho, cubierto de glándulas, con cinco lóbulos ovados; cinco estambres y tres estigmas. El fruto es circular de casi 1 mm de ancho, con una semilla en posición horizontal, color negro. Se ha usado tradicionalmente como condimento y como medicina por sus cualidades vermífugas. La raíz, tallos u hojas en administración oral, se ha señalado como remedio eficaz para combatir la disentería, el asma, el dolor de dientes, el dolor de cabeza, el resfrío y el reumatismo (varios autores, citados por Lozoya, 1982; Villarreal, 1983).

b. Neem

Nombre científico: *Azadirachta indica* A Juss.

Familia: Meliaceae

Nombres comunes: neem, nim, paraíso.

Es un árbol robusto, siempre verde, de rápido crecimiento, corteza gruesa y copa redonda. Alcanza una altura de 7 a 20 m en su etapa adulta y el diámetro de la copa es de 5 a 10 m. Posee hojas bipinnadas, pecioladas y con numerosos folíolos. Las flores son axilares, se agrupan en panículas y son bisexuales. El fruto es una drupa pequeña e indehisciente en forma de nuececilla. Fue introducido recientemente a Guatemala (Leos y Salazar, 1990). Varias partes del árbol neem tienen acción antihelmíntica antiperiódica, antiséptica, antisifilítica, astringente, demulcente, emenagógica, emoliente y purgativa. Además, es utilizado para el tratamiento de tumores, enfermedades de los ojos, eczemas, dolor de cabeza, hepatitis, lepra, reumatismo, enfermedades venéreas y úlceras (Achundow citado por Ahmed y Grainge, 1986).

c. Ruda

Nombre científico: *Ruta graveolens* L

Familia: Rutaceae

Nombre común: Ruda

Especie de arbusto que contiene abundantes esencias de olor muy característicos. De acuerdo a Zamora (2008), la ruda posee distintos tipos de principios activos entre los que destacan un glucósido flavónico; la rutina, que por hidrólisis puede degradarse en quercitina, como la genina o aglucona y las gluconas; glucosa y ramnosa. La flavona es posible atribuirle propiedad hemostática, apoyada por la Vitamina C. El aceite esencial está compuesto principalmente de dos cetonas; metilheptilcetona y metilhonilcetona. En menor concentración contiene; cineol, limoneno y pineno.

De acuerdo a Zamora (2008), se deben tener en cuenta algunas consideraciones para aumentar la eficacia en las aplicaciones de extractos, tales como:

- La aplicación de los preparados vegetales debe realizarse en las primeras o últimas horas del día para evitar la foto y termo degradación.

- La mayor eficiencia se obtendrá al dirigir la aplicación en el envés de la hoja, para lograr hacer contacto con la mosca blanca, (huevecillos, ninfas y adultos) que siempre se encuentran allí.
- En el uso de extractos vegetales, debe de evitarse que las plantas que se utilicen no estén dañadas con alguna enfermedad, pues se corre el riesgo de inocular al cultivo con la misma enfermedad.
- Es mejor usar una sola especie y cambiar solamente cuando se observe que ya no hay efectividad.
- De entre las especies de plantas que se encuentran presentes en la zona, deben aplicarse preferentemente las más abundantes y en contraste no utilizar las más raras. De las que se usen se debe cuidar su explotación, por lo que hay que sembrar, propagar o multiplicar para tener el recurso natural en abundancia en cada ciclo agrícola.

d. Flor de muerto

Nombre científico: *Tagetes erecta*, L.

Familia: Compositae

Nombre común: Flor de día de muertos, Flor de muerto, cempasúchil

Es una planta con una altura que va desde los 15 cm a 10 cm, su floración empieza al final de invierno e inicio del verano, químicamente esta conformada por xantofilicos, carbono, lianol, ocimeno, dextro-limoneno, palmitato y miristato de xantofila, presenta propiedades insecticidas, nematocida, larvicida, atrayente o repelente de insectos, abono verde y barrera contra plagas. La parte con más propiedades son las raíces (Urbano. 2004).

“Los pigmentos de sus inflorescencias anaranjadas sirven como colorantes vegetales en alimentos para humanos, como la coloración amarilla del huevo, sopas de pasta y grasas amarillas de diferentes especies de carnes, incluyendo el pollo y la res. También sirven para fabricar medicamentos humanos, como las cápsulas de luteína” (serrato, 1993).

Sin embargo, una de las propiedades que genera más interés de la flor de día de muertos es su capacidad para controlar plagas. Algunos campesinos usan una especie de licuado o de infusión realizada con esta flor para desparasitar a sus cultivos. Otros campesinos siembran una temporada de flor de muerto en sus campos cuando quieren eliminar alguna plaga que esté presente en la tierra de cultivo.

“De las especies de flor de muerto llamadas *Tagetes erecta* y *Tagetes patula* se puede extraer abono orgánico para tierra de cultivo, no sólo para mejorar la calidad del suelo, sino para controlar nematodos en cultivos de piña, fresa, papa, gladiolo y en general en áreas hortícolas o florícolas. También se pueden aplicar extractos acuosos y polvos de diferentes partes de la planta (raíces, tallos, hojas, flores y de toda la planta) para repeler o matar insectos, según el caso, se pueden usar en cultivos en pie o en granos almacenados” (Serrato, 1993).

e. Fosfuro de aluminio 60%

Las pastillas contienen fósforo de aluminio (PA), cubiertas de parafina y mezcladas con carbonato amónico, ($\text{AlP} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 + \text{J}(\text{OH})_3$). Esta formulación empieza a convertirse en gas solo cuando se sacan del recipiente y quedan en contacto con la humedad del medio ambiente. El fosfuro hidrógeno (PH_3) desprendido es un gas muy tóxico, incoloro y es la materia activa que mata a los insectos en todas sus etapas. El fumigante penetra en los cuerpos de los insectos a través de los estigmas durante la respiración (Monroy, 1979).

También se desprende dióxido de carbono y amoníaco, libera un 40% en 24 horas y un 75% a las 48 horas, cuanto más elevada sea la temperatura y humedad, más rápido se produce la liberación del gas, los cuales reducen el peligro de combustión, cuando la fosfina se desprende de la pastilla. Además, actúan como sustancia de alarma al aplicarla, con un olor de carburo o ajo. La liberación máxima de gas comienza aproximadamente a las 4 horas después de la colocación de las postillas y finaliza a los 4 días. Sin embargo, un poco de gas es liberado inmediatamente y continuamente desde que la pastilla se expone al aire libre (Monroy, 1979).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El gorgojo del grano de maíz *Sitophilus zeae-mais*, es una plaga primaria, que causa pérdidas en los granos que los agricultores almacenan, Se alimenta principalmente de granos de maíz, aunque puede consumir otros cereales. Este perfora el grano con sus mandíbulas donde oviposita, los huevos los oculta en una secreción gelatinosa. Las larvas apodas, permanecen dentro del grano donde se alimentan. El adulto vive varios meses hasta 1 año y su distribución es cosmopolita (Ecoclima, 2012).

La conservación y protección de los granos constituye una necesidad alimenticia, social y económica, lo que constituye una fuga de alimento ya producido, por lo que su prevención es importante como su producción.

En el área de estudio la población dedicada al cultivo del maíz se encuentra dentro de los estratos de microfincas, fincas sub-familiares y multifamiliares medianas, siendo un total de 99 unidades económicas, con una extensión de 173.761 hectáreas en las cuales se producen 544.95 TM de grano de maíz, de estas 65.45 TM son de subsistencia, pues provienen de microfincas, las cuales garantizan la seguridad alimentaria de las familias que las producen, por lo que su conservación se hace necesaria (Cruz, 2014).

El control de *Sitophilus zeae-mais*, en la Aldea San Vicente Pacayá ha sido comúnmente realizado utilizando insecticidas sintéticos protectores y fumigantes que, a pesar de ser eficientes y económicos, provocan efectos indeseables, como intoxicaciones a los aplicadores, presencia de residuos tóxicos en los granos, aumento de los costos en el almacenamiento y desarrollo de poblaciones de insectos resistentes (Morales, 2004).

Luego de aplicados estos productos de síntesis el agricultor debe esperar de 3 a 4 meses para consumir los granos, requiere de hermeticidad del sitio de almacenamiento, equipo especial como guantes, mascarilla, lentes, para su aplicación y de envases de

aluminio herméticamente cerrados para su almacenamiento, todo esto como medida de bioseguridad para el aplicador y su núcleo familiar. Pero debido a la deficiente hermeticidad se aplican fuertes dosis 6-8 tabletas/TM que no garantizan efectividad, además en estudios recientes se ha demostrado amplia resistencia a la fosfamina (PH_3) en poblaciones de *Sitophilus zeae-mais* (Hernández, Delgado y Arguello, 2012).

Diversas investigaciones han demostrado la viabilidad del uso de compuestos bioactivos obtenidos de plantas, en el control de plagas de granos almacenados, debido a su eficiencia, generalmente, de bajo costo, seguridad para los aplicadores, consumidores y medio ambiente. Por lo que en la búsqueda de alternativas para el pequeño agricultor, de bajo riesgo y de fácil acceso para el control de especies que atacan los granos almacenados, se condujo este trabajo con el objetivo de evaluar el efecto anti-insecto de los metabolitos secundarios en estas plantas, ya que tienen la función, entre otras, de defenderla del ataque de depredadores, por lo que se utilizaron polvos producto de la molienda de diferentes partes de la planta como alternativa natural para el control ecológico del gorgojo del maíz.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Evaluar especies vegetales para el control del gorgojo (*Sitophilus zeae-mais*) asociado a maíz almacenado en trojes tradicionales, en Aldea San Vicente Pacayá, Coatepeque, Quetzaltenango.

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje de mortalidad que causan las diferentes especies vegetales al ser aplicadas para el control del gorgojo *S. zeae-mais*, asociado a maíz almacenado en trojes tradicionales.
- Cuantificar el porcentaje de grano dañado y la pérdida de peso de grano que ocasiona el gorgojo *S. zeae-mais*, en trojes tradicionales, al ser sometidas a diferentes tratamientos de especies vegetales para su control.
- Determinar los días de control que tiene cada una de las especies vegetales sobre gorgojo *S. zeamais* en trojes de maíz.
- Determinar la relación beneficio/costo que tendrá cada uno de los tratamientos de especies vegetales a evaluar, para el control del gorgojo *S. zeamais*, asociado a maíz almacenado en trojes tradicionales.

5. HIPÓTESIS

5.1 HIPÓTESIS ALTERNA

- Al menos uno de los productos vegetales a evaluar mostrará diferencia estadística significativa en la eficacia de control del gorgojo *Sitophilus zeamais*.
- Al menos uno de los productos vegetales a evaluar permitirá tener un menor porcentaje de grano dañado y pérdida de peso ocasionado por el gorgojo *Sitophilus zeae-mais* en maíz almacenado en trojes tradicionales.
- Al menos una de las especies vegetales a evaluar en el control de gorgojo de maíz mostrará diferencia estadística significativa en los días de control que tenga sobre la plaga
- Al menos uno de los productos vegetales a evaluar permitirá tener una mejor rentabilidad al controlar el gorgojo *Sitophilus zeae-mais*, asociado a granos de maíz almacenado en trojes tradicionales.

6. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Aldea San Vicente Pacayá se localiza sobre las coordenadas latitud norte 14° 36´ 01" y longitud oeste 91° 05´ 33", ubicada a una altura de 70 metros sobre el nivel del mar (Gómez, 2014).

El registro de lluvias, reporta para los últimos 5 años una precipitación media anual de 1500 mm, con temperatura máxima de 35 °C, mínima de 22 °C y una temperatura media anual de 27 °C, la humedad relativa anual oscila entre 80% a 85% y vientos con dirección S-SE, con velocidades medias de 2 a 5 Km./h (Gómez, 2014).

De acuerdo con De La Cruz (1969), basado en el sistema Holdridge, la aldea pertenece a una zona de vida bosque muy húmedo sub tropical cálido, bmh – S(c).

Según Simmons, Táranó y Pinto (1959), los suelos se clasifican en el grupo IV. Suelos del litoral del pacífico bien drenados de textura pesada de la serie Ixtán. El material madre es de ceniza volcánica (Aluvión) cementada de color oscuro. Se tiene un relieve ondulado, con pendiente que oscila entre 5 y 20% con drenaje moderado. El suelo superficial es de color café oscuro con textura arcillosa, consistencia plástica y espesor aproximado de 10 a 15 centímetros; el subsuelo es de color café rojizo, de consistencia plástica, textura arcillosa y un espesor aproximado entre 60 – 75 centímetros. La profundidad efectiva es mayor de un metro, el nivel freático se encuentra entre tres y cuatro metros de profundidad.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Como material experimental se utilizaron mazorcas de maíz provenientes de un solo agricultor, del híbrido ICTA HB-83. Las especies vegetales fueron: Neem (*Azadirachta indica*), Apazote (*Chenopodium ambrosioides*) Ruda (*Ruta graveolens*) y Flor de muerto (*Tagetes erecta*) El producto químico a utilizar será Fosfamina® (Fosfuro de Aluminio 60%) el cual es utilizado por los agricultores del área.

6.3 FACTORES A ESTUDIAR

Los factores a estudiar fueron las especies vegetales para el control orgánico de *Sitophylus zeamais* en trojes tradicionales de maíz.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Las especies vegetales evaluadas se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Especie y parte empleada para la evaluación.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Parte utilizada
Neem	<i>Azadirachta indica</i> Juss.	Meliaceae	Semillas
Apazote	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Chenopodiaceae	Hoja, flor y tallo
Flor de muerto	<i>Tagetes erecta</i> L.	Compositae	Hoja, flor y tallo
Ruda	<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	Follaje y flores

Se utilizó el 5% del peso de la unidad de medida común del agricultor 45.35 kg (1 quintal) lo que representó una unidad experimental. Todas las especies vegetales se secaron por 8 días a temperatura ambiente y posteriormente se molieron para convertirlas en polvo, el cual se aplicó en las trojes.

Cuadro 2. Tratamientos a evaluar.

Tratamiento	Producto	Dosis de producto
T1	Testigo absoluto	
T2	Fosfuro de aluminio*	0.75 gr/45.36 kg de grano
T3	Ruda	2.27 kg/45.36 kg de grano
T4	Apazote	2.27 kg/45.36 kg de grano
T5	Neem	2.27 Kg/45.36 kg de grano
T6	Flor de muerto	2.27 kg/45.36 kg de grano

*La recomendación técnica es de 1 tableta plana de 3.0 gramos por 4 quintales de maíz. Las dosis se definieron en base al trabajo de investigación de Morales (2011), al

evaluar polvo de follaje de tres especies arbóreas nativas y tres concentraciones de cada una (1%, 2% y 4% p/p), teniendo los mejores resultados al utilizar concentraciones del 4%, por lo que recomienda realizar evaluaciones del 5% p/p.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable de respuesta de la aplicación especies vegetales para el control orgánico del gorgojo (*Sitophylus zeamais*) asociado a maíz almacenado en trojes tradicionales

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto de los 4 tratamientos orgánicos (*Azadirachta indica*, *Ruta graveolens*, *Tagetes erecta* *Chenopodium ambrosioides*), el tratamiento químico (Fosfuro de Aluminio) y el testigo absoluto.

ε_{ij} = Error experimental asociado a las 24 unidades experimentales.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por una troje de maíz de 430 mazorcas con un peso aproximado de 60 kg con un rendimiento de desgrane del 70%, lo que representa en grano un peso aproximado de 45.35 kg (100 libras), las dimensiones de la troje fueron 0.60 m de ancho X 1.00 de largo y 0.39 m de alto.

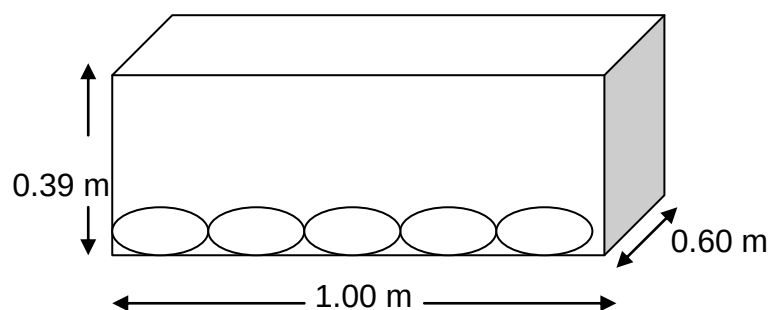
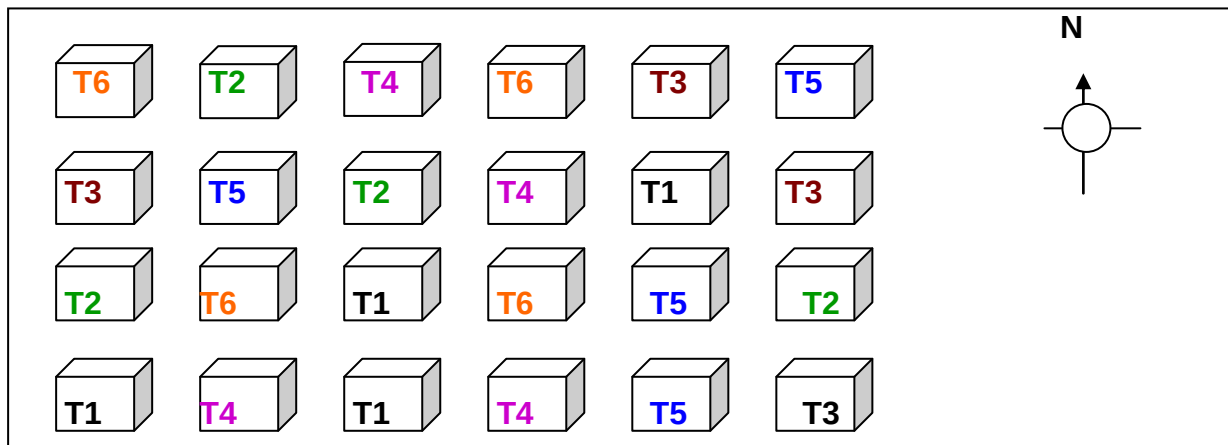


Figura 2. Dimensiones que tuvo cada una de las unidades experimentales

6.8 CROQUIS DE CAMPO

De acuerdo a la aleatorización de los tratamientos, se construyó una troje para cada una de las unidades experimentales, para evitar interferencia entre los mismos. La distribución de los tratamientos en el campo fue de acuerdo al siguiente croquis:



6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Colecta de material vegetal

Se colectaron los materiales vegetales de la zona, aquellos que no se encontraron en la región se compraron en el mercado de verduras y vegetales de Coatepeque, Quetzaltenango.

6.9.2 Secado y preparación de fitoinsecticidas

Posterior a la recolección de las especies vegetales se procedió a lavarlas con suficiente agua potable y finalmente con agua destilada, se secaron colocándolas sobre papel periódico en un lugar seco, limpio y retirado de la luz directa del sol, se dejaron a temperatura ambiente entre 26°C a 32°C, durante 8 días, luego del secado se picaron y se molieron hasta convertirlas en polvo

6.9.3 Elaboración de trojes

Con fines de evaluación se utilizó la medida común del agricultor la cual fue de 45.35 kg, se procedió a elaborar el troje para almacenar el maíz, las dimensiones fueron 1.00 m de largo X 0.60 m de ancho y 0.39 m de alto, se elaboraron 18 trojes de maíz.

6.9.4 Aplicación de tratamientos

Se colocó la primera fila de mazorcas y se procedió a regar 0.38 kg de polvo sobre ella, luego se colocó la segunda fila y se hizo el mismo procedimiento, y así sucesivamente hasta la última fila.

6.9.5 Muestreos

Se iniciaron a los 15 días después de haberse almacenado el maíz, para dar la oportunidad de que los gorgojos colonizaran los granos almacenados y luego se realizaron cada 15 días. En estos muestreos se tomaron los datos para el análisis e interpretación de resultados, para lo cual se llevó una boleta de registro de muestra.

6.9.6 Forma de muestreo

En cada troje se seleccionaron tres puntos, en los que se extrajo la muestra (1 kg de mazorcas), de abajo hacia arriba, se tomaron mazorcas de la primera fila, luego de la tercera y luego de la quinta fila, las mazorcas se tomaron al azar dentro de la fila.

6.9.7 Frecuencia de muestreo

Para llevar un control del desarrollo del gorgojo en cada tratamiento; fue necesario hacer los muestreos con intervalos de tiempo de 15 días. Se realizaron un total de 10 muestreos.

6.9.8 Manejo de la muestra

Para que las muestras no sufrieran alteraciones en la temperatura, humedad, muerte de especies de insectos, se analizaron en un periodo de tres días, después de haber tomado la muestra. Los insectos colectados se colocaron en bolsas de papel (Kraft) de cinco libras, en el laboratorio para evitar fugas se colocaron en cajas plásticas.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

a) Porcentaje de mortalidad

La metodología de evaluación utilizada para esta variable fue la propuesta por Lagunes y Rodríguez (1989). En frascos de vidrio, se mezclaron 100 g de maíz y 1 g de polvo

vegetal en el tratamiento. Una vez realizada la mezcla, se procedió a infestar cada frasco con 20 parejas de insectos. La mortalidad se evaluó a los 15 días, para cada tratamiento y sus repeticiones. se realizó el conteo de los individuos vivos y muertos presentes en cada frasco, para hacer correctamente las evaluaciones posteriores.

La actividad insecticida se expresó en términos de porcentaje de mortalidad de adultos, para ello se utilizó la fórmula de Abbott (1925).

$$\% \text{ Mortalidad corregida} = \frac{\% \text{ mr} - \% \text{ mta}}{100 - \% \text{ mta}} \times 100$$

Dónde:

mr = mortalidad en el tratamiento.

mta = mortalidad en testigo absoluto.

b) Porcentaje de grano dañado

Este parámetro se midió al final del experimento donde se contaron los granos buenos y granos dañados, para calcularlo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ G D} = \frac{n}{N} \times 100$$

Donde:

- % G D = Porcentaje de grano dañado
- n = Número de granos dañados
- N = total de granos contados

c) Porcentaje de pérdida de peso

Para determinar el porcentaje de pérdida de peso de los granos, antes de la aplicación de los polvos vegetales, los granos de maíz fueron pesados en una balanza de 0,01 gramo de precisión y a los 50 días después de la infestación se retiró el polvo y los insectos de los frascos, luego los granos fueron pesados nuevamente con la misma balanza. Para estimar la pérdida de peso de los granos se utilizó la siguiente formula:

$$PP = \frac{Pi - Pf}{Pi}$$

Donde:

PP = porcentaje de pérdida de peso

Pi = peso inicial

Pf = peso final

d) Dias de control

El número de días de control de cada uno de los tratamientos, se determinó muestreando cada 15 días cada una de las unidades experimentales, en ellas se seleccionaron tres puntos, en los que se extrajo la muestra (1 kg de mazorcas), de abajo hacia arriba, se tomaron mazorcas al azar de diferentes puntos de la primera fila del troje, luego de la tercera fila y luego de la quinta fila.

e) Análisis económico

Se llevó un registro económico de producción del cultivo para determinar los costos variables por cada tratamiento evaluado, se realizó un análisis económico mediante el análisis de presupuestos parciales.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico.

Una vez tabulados los datos de campo, se procedió a su análisis estadístico, mediante el análisis de varianza. Estos análisis se realizaron con la ayuda del programa SAS® (Statistical Analysis System®) versión 7.0, todos aquellos resultados que mostraron diferencia estadística significativa, se sometieron a una prueba de Tukey $\alpha = 0.05$, para comparación de medias. La medición de variables donde los datos fueron producto de conteos o su estimación fue producto de un porcentaje fue necesaria la transformación de estos datos.

6.11.2 Análisis económico

a. Presupuesto parcial

Se determinaron los costos en que se incurrió en cada uno de los tratamientos, a la vez se cuantificaron los ingresos producto de la venta de la producción del maíz, con estos datos se determinó el beneficio bruto y el beneficio neto.

6.11.2 Análisis de dominancia

Se realizó un análisis de dominancia por cada tratamiento, ordenando los tratamientos de mayor a menor beneficio neto (BN), con sus respectivos costos variables (CV); los que presentaron mayores o iguales costos variables que el tratamiento anterior (Comparador), no procedieron al análisis de la Tasa Marginal de Retorno. Es decir, serán dominados

6.11.3 Análisis de la tasa marginal de retorno a capital (TMRC)

Los tratamientos que resultaron “no dominados”, según la prueba del inciso anterior, se les calculó la tasa marginal de retorno, por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{TMR} = (\text{IBN} / \text{ICV}) * 100$$

En donde:

TMR = Tasa de Retorno Marginal.

IBN= Incremento en el Beneficio Neto.

ICV= Incremento en el costo Variable.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los agricultores utilizan el maíz cosechado para su alimentación, consumo animal y semilla para siembra, por lo que necesitan almacenar el grano, utilizando para ello trojes. Esto con el objetivo de preservar el grano en buen estado por varios meses, libre de plagas que puedan causar deterioro del mismo.

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeae-mais*), es la plaga de mayor importancia económica para el agricultor, pues sino se utiliza algún método de control del mismo provoca grandes pérdidas que podrían terminar con cantidades considerables del grano en almacenamiento.

Con la finalidad de contribuir con la seguridad alimentaria de los agricultores de aldea San Vicente Pacayà, en la preservación de maíz almacenado, se evaluó la aplicación de polvo de hojas secas de Neem (*Azadirachta indica*), Apazote (*Chenopodium ambrosioides*) Ruda (*Ruta graveolens*) y Flor de muerto (*Tagetes erecta*), comparándolo con el efecto del producto químico Fosfamina® (Fosfuro de Aluminio 60%), el cual es utilizado por los agricultores del área como control tradicional, los resultados obtenidos se presentan a continuación.

7.1 PORCENTAJE DE MORTALIDAD

Para medir el porcentaje de mortalidad se utilizó la metodología propuesta por Lagunes y Rodríguez (1989). En frascos de vidrio, se mezcló 100 g de maíz y 1 g de polvo vegetal, La mortalidad se evaluó a los 15 días y se expresó en términos de porcentaje de mortalidad de adultos.

Estos resultados se corrigieron para asegurar que la mortalidad fue causada por el extracto y no por otras razones. Para esto se utilizó la fórmula de Abbott (1925), los resultados para su análisis fueron transformados mediante $\sqrt{(X/100)+3/8}$, posteriormente fueron sometidos al análisis de varianza, los resultados se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad de gorgojo del grano de maíz (*Sitophilus zeae-mais*), mediante la aplicación de especies vegetales.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.778967	0.155793	852.8137	0.0001**
Error	18	0.003288	0.000183		
Total	23	0.782255			

C.V. = 1.38%

El análisis de varianza mostró que se tuvo diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, por lo que se realizó, prueba múltiple de medias, a través de la prueba de Tukey a un nivel $\alpha = 0.05$, los resultados se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Prueba de Tukey para el porcentaje de mortalidad de gorgojo del grano de maíz (*Sitophilus zeae-mais*), mediante la aplicación de especies vegetales.

Tratamiento	Media
Fosfuro de aluminio	1.1726 A
<i>Azaridachta indica</i>	1.1034 B
<i>Ruta graveolens</i>	1.0511 C
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	1.0012 D
<i>Tagetes erecta</i>	0.9378 E
Testigo absoluto	0.6124 F

Tukey_{0.05} = 0.0326

La separación de medias mostró que entre tratamientos existe diferencia estadística, teniéndose al tradicional uso de fosfuro de aluminio 60% como el producto que mayor mortalidad provocó entre adultos de gorgojo del grano de maíz (*Sitophilus zeae-mais*), el cual se gasifica y se distribuye dentro de los espacios acción que permite tener buen control al aplicarlo.

Al realizar la separación de medias solo de los productos vegetales y el testigo absoluto, se sigue manifestando que el porcentaje de mortalidad que estos provocan tiene diferencias estadísticas, por lo que su acción no es causar la muerte al picudo del maíz, por lo que los conteos realizados mostraron que neem (*Azadirachta indica*), fue el tratamiento vegetal que mayor mortalidad provocó. El comportamiento de la mortalidad de *S. zea*-maíz, por cada uno de los tratamientos se muestra en la figura 3.

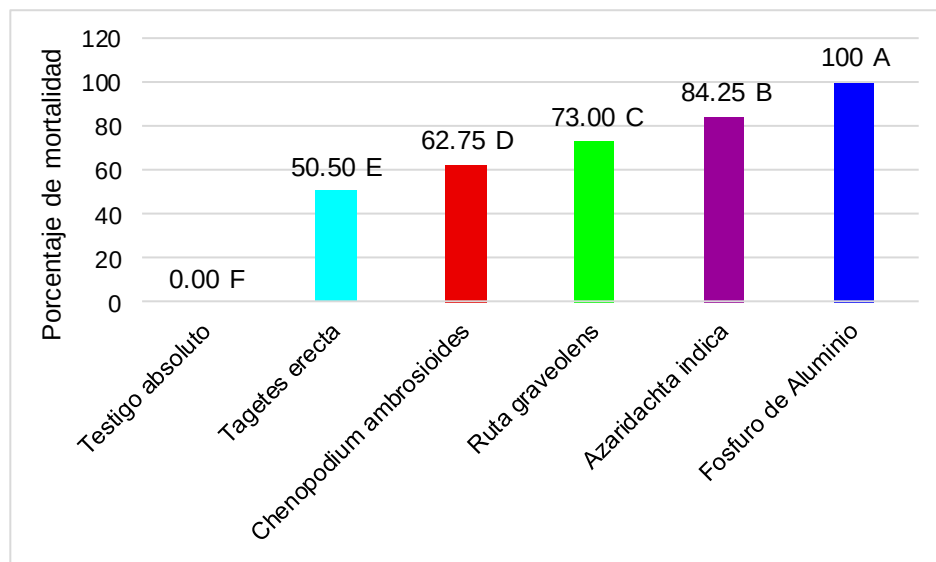


Figura 3. Porcentaje de mortalidad de *S. zea*-maíz en cada uno de los tratamientos. (Promedio de cuatro repeticiones. Barras con la misma letra no difieren significativamente por Tukey, 5 %).

La menor mortalidad ($P < 0.05$) causada por el uso de vegetales se tuvo con el polvo obtenido de la planta conocida como flor de muerto (*Tagetes erecta*) con un 50.50%. Esto se debió a que, según Silva, Pizarro, Casals y Berti (2003), la efectividad biológica de los insecticidas de origen vegetal, con frecuencia, son muy variables y dependen, en gran medida, de la estructura del vegetal evaluado, del estado fenológico y de las condiciones ambientales imperantes donde se desarrolló el cultivo, lo que pudo influir negativamente en los resultados.

De los 4 vegetales estudiados, pertenecientes a las diferentes partes de la planta, los cuatro sobrepasaron el umbral fijado, según lo propuesto por Silva *et al.* (2001), quienes señalaron como prometedores sólo aquellos tratamientos con mortalidad superior al 40%, por lo que se consideró como promotor el polvo de todos los vegetales evaluados ya que mostraron una mortalidad igual o superior al 50% y una disminución con relación al testigo absoluto.

7.2 PORCENTAJE DE GRANO DAÑADO

El control químico es el método más utilizado en el control de *S. zeae-mais*, debido, principalmente, a la ausencia de métodos de control alternativos eficientes. El uso de extractos vegetales, técnica utilizada por los agricultores de subsistencia antes de la llegada de los insecticidas sintéticos, ha resurgido como una importante alternativa de control de insectos-plaga en granos almacenados.

Para determinar el porcentaje de grano dañado, se tomaron los frascos y se retiraron los adultos de *S. zeae-mais*, se procedió a contar el número de granos perforados por los insectos sobre el total de granos de la muestra. Para su normalización los valores porcentuales se transformaron previamente a $\arcsen \sqrt{x/100}$. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza, los cuales se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el porcentaje de grano dañado por picudo del grano de maíz (*Sitophilus zeae-mais*) y su control mediante el uso de especies vegetales ($P < 0.05$).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	2205.870117	441.174011	630.5613	0.0001*
Error	18	12.593750	0.699653		
Total	23	2218.463867			

C.V. = 6.34%

El análisis de varianza mostró que existe diferencia estadística significativa en el porcentaje de grano dañado entre los tratamientos evaluados para el control de *S.*

zeae-mais mediante el uso de diferentes materiales vegetales, los resultados se sometieron a prueba múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey, el resultado se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Prueba múltiple de medias para el porcentaje de grano dañado por *S. zeae-mais*, y su control mediante el uso de especies vegetales ($P < 0.05$).

Tratamiento	Media	
Fosfuro de aluminio	5.0899	A
<i>Azadirachta indica</i>	6.9447	B
<i>Chenopodium ambrosoides</i>	8.9450	C
<i>Ruta graveolens</i>	10.8366	D
<i>Tagetes erecta</i>	13.1083	E
Testigo Absoluto	33.7604	F

Tukey = 2.5005

La existencia de un efecto disuasivo de la alimentación sería particularmente ventajosa para la protección de los granos almacenados, si se considera que contribuiría a evitar los daños en las fases del insecto que se encuentran dentro de los granos protegidos de un posible efecto por contacto directo.

El tratamiento testigo fue quien reporto el mayor porcentaje de grano dañado, alcanzando una pérdida del 34.75%, lo que representa el daño ocasionado por el insecto que perfora la cubierta, barrena y se alimenta del interior del grano. Cugala *et al.* (2007), mencionan que al incrementar el número de insectos de *S. zeamais* se tiene la mayor pérdida de peso del grano. Estos autores estimaron que estos insectos reducen el peso del grano en 0.19 gramos. El comportamiento del porcentaje de grano dañado en cada uno de los tratamientos se presenta en la figura 4.

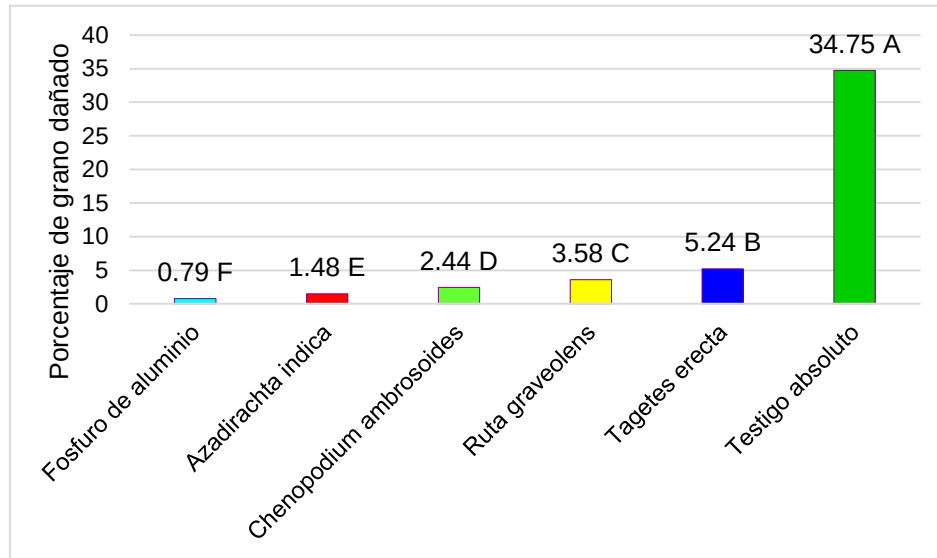


Figura 4. Porcentaje de grano dañado en cada uno de los tratamientos. (Promedio de cuatro repeticiones. Barras con la misma letra no difieren significativamente por Tukey, 5 %).

El control de *S. zeae-mais* en granos de maíz almacenado en trojes, ha sido comúnmente realizado a gran escala mediante la utilización de fosforo de aluminio 60%, por los agricultores de aldea San Vicente Pacayà, debido a que permite infestaciones muy bajas de gorgojo del maíz, pudiéndose tener en la presente evaluación un porcentaje de grano dañado del 0.79%

Dentro de las 4 especies vegetales evaluadas, se tuvo que neem (*Azadirachta indica*) y apazote (*Chenopodium ambrosioides*), estadísticamente permiten porcentajes de daño de grano similares, sin embargo los resultados obtenidos en base al porcentaje se tuvo que neem permitió un daño del 1.41% y apazote 2.43% con una diferencia entre estos tratamientos de 1.02%, por lo que sería conveniente la evaluación posterior de dosis superiores de los polvos de estas dos especies o una combinación de polvos de ambas especies con vistas a obtener mayor efecto protector, y así disminuir los valores de pérdida de peso del grano.

7.3 PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO

La pérdida de peso de los granos en este experimento se evaluó en función a los daños producidos por los gorgojos, la pérdida de peso se analizó estadísticamente mediante el análisis de varianza, los resultados se sometieron a la transformación de $\arcseno\sqrt{(X/100)}$, para su normalización, los resultados se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso de grano de maíz, causado por *S. zeamais*, y su control mediante el uso de especies vegetales ($P < 0.05$). Datos transformados $\arcseno\sqrt{x/100}$.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	2207.117676	441.423523	2153.5334	0.0001*
Error	18	3.689575	0.204976		
Total	23	2210.807251			

C.V. = 5.73%

El porcentaje de pérdida de peso del grano de cada uno de los tratamientos con relación al testigo absoluto, mostro diferencia estadística significativa, por lo que los resultados se sometieron a un análisis de varianza los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba múltiple de medias para el porcentaje de pérdida de peso de grano de maíz, causado por *S. zeamais* ($P < 0.05$).

Tratamiento	Media	
Fosfuro de aluminio	0.6719	A
<i>Azadirachta indica</i>	2.0833	B
<i>Chenopodium ambrosoides</i>	2.7199	B
<i>Ruta graveolens</i>	5.4398	C
Tagetes erecta	7.7546	D
Testigo Absoluto	28.7037	E

Tukey = 0.6726

El porcentaje de pérdida de peso se determinó en mazorcas almacenadas con brácteas (tuza o doblador), por lo que para estimar la pérdida de peso de los granos se determinó el peso inicial y el peso al final de 50 días, el resultado obtenido mediante la separación de medias mostró que la menor pérdida de peso se obtuvo con aplicación de fosforo de aluminio, de acuerdo a los datos de campo se tuvo un 0.67% de pérdida de peso del grano.

El porcentaje de pérdida de peso de grano permitido por las especies vegetales, al analizarlo estadísticamente, mostró que entre neem y apazote no existió diferencia estadística significativa por lo que el uso de cualquiera de estas dos especies es una buena alternativa para evitar la pérdida de peso del grano. El 2.0833% de perdida reportado para neem es inferior a lo obtenido por Silva y Lagunés (2003), quienes reportaron pérdidas de peso de grano del 3.20%. Los granos tratados con apazote (*Chenopodium ambrosioides*) tuvieron una pérdida del 2.7199% de peso de grano, estos valores son similares a los obtenidos por Pizarro (2002), en mediciones realizadas a los 65 días de la aplicación.

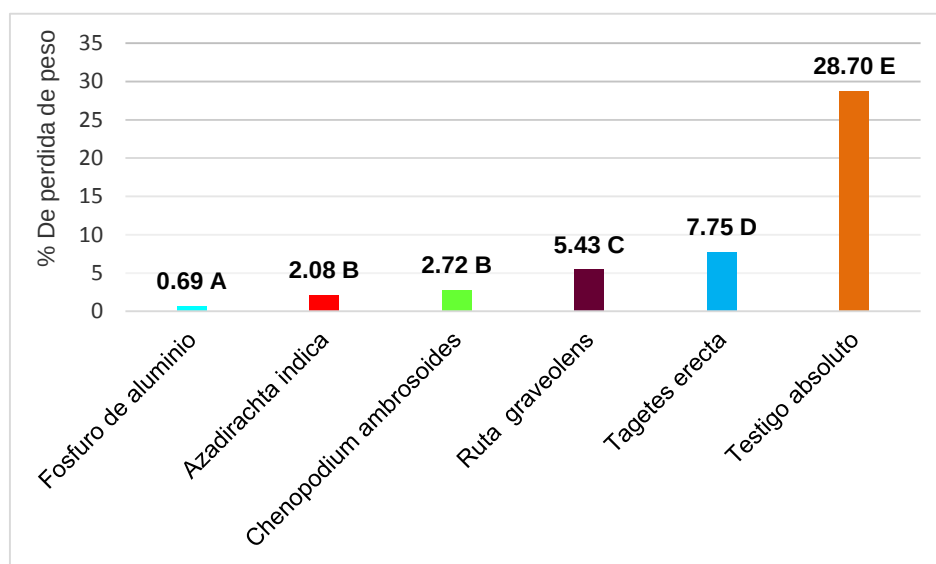


Figura 5. Efecto de polvos vegetales sobre *S. zea*-maíz aplicando 6 tratamientos (Promedio de cuatro repeticiones. Barras con la misma letra no difieren significativamente por Tukey, 5 %).

La figura 5, muestra al testigo absoluto como el tratamiento que permitió el mayor porcentaje de pérdida (28.70%) y a fosfuro de aluminio como el que menor porcentaje de pérdida permitió (0.67%), ocasionado por *S. zeae-mais*.

Las cuatro especies vegetales evaluadas, al compararlas con el testigo absoluto, mostró que estas permitieron una pérdida de peso que oscilo entre 2.08% y 7.75%, mientras que el tratamiento testigo permitió una pérdida de 28.70%. se puede decir que los resultados obtenidos en el presente trabajo con las especies vegetales son de gran utilidad, se puede considerar a los polvos de *A. indica*, *C. ambrosioides* y *R. graveolens* como una alternativa real para el control de *S. zeae-mais* y factible de llevar a cabo en la práctica, en especial por pequeños agricultores.

7.4 Días de control

En cada unidad experimental, cada 15 días se seleccionaban tres puntos en los que se extraía una muestra de 1 kg de mazorcas, se realizaba de abajo hacia arriba, se tomaban mazorcas al azar de la primera fila, luego de la tercera y luego de la quinta fila. En cada muestra se contaban los gorgojos encontrados, estos conteos se sometieron a análisis de varianza los resultados se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba múltiple de medias para días de control de gorgojo de maíz (*S. zeae-mais*) para cada uno de los tratamientos evaluados ($P < 0.05$).

Tratamiento	Días control									
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
Testigo absoluto	0 ^a	2 ^a	8 ^a	22 ^a	47 ^a	73 ^a	140 ^a	190 ^a	246 ^a	284 ^a
Fosfuro de aluminio	0 ^a	0 ^a	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^e	9 ^f	25 ^f	57 ^f	118 ^f
<i>Ruta graveolens</i>	0 ^a	0 ^a	0 ^c	1 ^b	2 ^b	17 ^b	63 ^c	112 ^c	163 ^c	205 ^c
<i>Ch. ambrosioides</i>	0 ^a	0 ^a	0 ^c	0 ^c	0 ^c	7 ^d	29 ^d	54 ^d	112 ^d	154 ^d
<i>Azadiracta indica</i>	0 ^a	0 ^a	0 ^c	0 ^c	0 ^c	6 ^c	16 ^e	38 ^e	83 ^e	137 ^e
<i>Tagetes erecta</i>	0 ^a	0 ^a	3 ^b	1 ^b	4 ^b	21 ^b	82 ^b	132 ^b	178 ^b	218 ^b
C. V.		1.04%	1.06%	1.82%	1.61%	2.97%	1.31%	1.28%	1.32%	1.12%

Los resultados obtenidos durante los 150 días, se analizaron para cada fecha de muestreo de acuerdo al cuadro 9, los resultados obtenidos mostraron que durante los primeros 30 días no se tiene presencia de gorgojos en los tratamientos vegetales, tampoco en el testigo relativo. El testigo absoluto mostro la presencia de una media poblacional de 2 gorgojos, no mostrando diferencia estadística significativa.

A partir del día 45 se tuvo que los tratamientos testigo absoluto, flor de muerto (*T. erecta*) y ruda significativamente son diferentes al resto de tratamientos, diferenciándose de los demás debido a que en ellos se encontró presencia de *S. zeae-mais*, siendo el testigo absoluto quien reporto el mayor número.

De acuerdo a la separación de medias, a los 60 y 75 días después de la aplicación, el testigo absoluto, flor de muerto y ruda, estadísticamente son diferentes a los otros tratamientos, teniéndose la mayor infestación en el tratamiento testigo. Los tratamientos fosfuro de aluminio, neem y apazote, estadísticamente tienen el mismo efecto de control no reportando presencia de *S. zeae-mais*.

El muestreo realizado el día 90 después de la aplicación de los tratamientos, reporto que solo en el tratamiento con fosfuro de aluminio no se encontraron gorgojos, los otros tratamientos si presentaron presencia de *S. zeae-mais*. Los tratamientos vegetales neem y apazote son los que permitieron la más baja infestación.

Del día 105 al día 150, todos los tratamientos estadísticamente son diferentes y la población que ataca los granos almacenados estadísticamente es significativa para cada uno de los tratamientos. Al final de los muestreos se tuvo que la más baja infestación la tuvo el testigo relativo, fosfuro de aluminio, y los tratamientos vegetales neem y apazote fueron dentro de este grupo los que tuvieron el mejor control de *S. zeae-mais*.

El comportamiento de la población media de gorgojos encontrados en las diferentes fechas de muestreo se presenta en la figura 6.

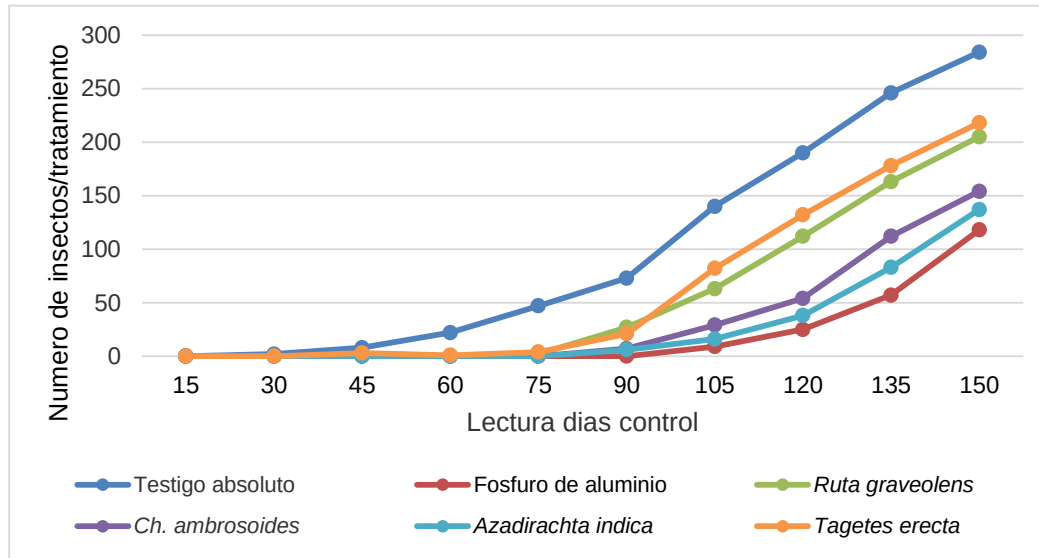


Figura 6. Infestación de *S. zeamais* en 6 diferentes tratamientos para su control durante 150 días (Promedio de cuatro repeticiones. Líneas con la misma letra no difieren significativamente por Tukey 5%).

El comportamiento de la curva poblacional mostró que en los primeros 30 días todos los tratamientos tienen un comportamiento muy similar, a partir de los 45 días se empezó a separar el tratamiento testigo, el cual hasta el final tuvo la mayor infestación y el tratamiento donde se utilizó fosforo de aluminio presentó la menor infestación.

A los 150 días todos los tratamientos estadísticamente fueron diferentes. Neem y apazote fueron los tratamientos vegetales que permitieron la menor infestación.

7.5 Análisis económico

Para realizar el análisis económico se utilizó la metodología de análisis de rentabilidad con presupuestos parciales. De acuerdo a Reyes Hernández (2001), la metodología utilizada fue la siguiente:

a. Identificación de rubros de costos relevantes

Debido a que en este caso se compararon distintos volúmenes de dilución los rubros que variaron fueron:

- Costo de las dosis de los diferentes tratamientos
Fosfuro de aluminio 60% (Pastillas)
Chenopodium ambrosoides (kg)
Azadirachta indica (kg)
Ruta graveolens (kg)
Tagetes erecta (kg)
- Jornales para la aplicación de los tratamientos y muestro

b. Estimación de los precios de los insumos

Tomando en cuenta que los costos relevantes asociados a los tratamientos son: Dosis de tratamientos de fosfuro de aluminio y polvo de especies vegetales, molienda, aplicación de los tratamientos y monitoreo de la plaga.

c. Estimación de Costos que varían

A continuación, se presentan los costos en los que se incurrió durante el experimento.

Cuadro 10. Costos variables por kilo de cada uno de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Costo de Tratamiento	Costo del Maíz (kg).	Costo de M. O. troje	Costo muestreo	Costo laboratorio	Costo Total
T1	Q0.00	Q2.21	Q0.02	Q0.01	Q0.27	Q2.51
T2	Q0.10	Q2.21	Q0.02	Q0.01	Q0.27	Q2.61
T3	Q0.14	Q2.21	Q0.02	Q0.01	Q0.27	Q2.65
T4	Q0.17	Q2.21	Q0.02	Q0.01	Q0.27	Q2.68
T5	Q0.08	Q2.21	Q0.02	Q0.01	Q0.27	Q2.59
T6	Q0.12	Q2.21	Q0.02	Q0.01	Q0.27	Q2.63

En el cuadro 11 se reportan los costos que variaron en el manejo del experimento, se tuvo que el tratamiento donde se utilizó apazote (*Ch. ambrosioides*) fue el que tuvo el

mayor costo (Q.2.68/kg), el testigo absoluto fue el que tuvo el menor costo, los costos de los polvos obtenidos a partir de la molienda varían debido a que algunos no son de la región, pero si el agricultor los cultiva, ya que tienen buena adaptación en la región, su costo será menor.

d. Estimación de los rendimientos ajustados, beneficio bruto y beneficio neto

Se calcularon los rendimientos experimentales, los cuales resultaron de promediar los rendimientos obtenidos de los grupos de medias. Para calcular el rendimiento ajustado de cada tratamiento, se tomó el rendimiento experimental el cual estuvo influido por varios factores que los hacen mucho más altos que los obtenidos por los agricultores, por lo que se ajustaron para poder acercarse a los obtenibles por el agricultor. En este caso se utilizó una tasa de ajuste del 15%.

Cuadro 11. Rendimientos ajustados, beneficios brutos y netos de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Rendimientos		Beneficios	Costos	Beneficios
	Experimentales	Corregidos			
T2	0.9931 A	0.844117	Q. 3.07	Q. 2.61	Q. 0.48
T5	0.9795 B	0.832602	Q. 3.03	Q. 2.59	Q. 0.43
T4	0.9730 B	0.827071	Q. 3.01	Q. 2.68	Q. 0.33
T6	0.9463 C	0.804364	Q. 2.86	Q. 2.63	Q. 0.23
T3	0.9235 D	0.784696	Q. 2.93	Q. 2.65	Q. 0.28
T1	0.7140 E	0.606902	Q. 2.21	Q. 2.51	-Q. 0.30

$\alpha = 0.05$

Los resultados en los rendimientos experimentales mostraron que es el fosforo de aluminio fue quien presento el mejor rendimiento. Estadísticamente los tratamientos donde se utilizó neem (*A. indica*) y apazote (*Ch. ambriosoides*), tuvieron resultados similares, entre los productos vegetales fueron los que permitieron la menor perdida en el rendimiento. En la figura 7 se presentan los costos que varían y el beneficio neto de cada tratamiento



Figura 7. Costos que varían y beneficio neto de cada uno de los tratamientos.

Para los beneficios netos se tuvo que el tratamiento donde se utilizó fosforo de aluminio para el control de *S. zeamaiz*, tuvo el mayor rendimiento neto, siendo este de Q. 0.48, mientras que los tratamientos vegetales neem (*A. indica*) tuvo un beneficio de Q. 0.43, siendo el segundo mejor rendimiento.

El tratamiento testigo fue el de menor rendimiento y quien presento perdida, no recuperando lo que se invirtió, teniendo una pérdida de Q. 0.30 por kilogramo de maíz almacenado.

e. Análisis de dominancia

Para realizar este análisis se organizaron los datos de los costos que varían y beneficios netos, en orden creciente de los costos que varían. Luego se determinaron si los tratamientos eran dominados o no, tomando en cuenta que por definición el primer tratamiento es no dominado, en seguida se observó que, si al pasar al siguiente tratamiento aumentaron los beneficios, de ser así, este tratamiento es no dominado, en caso contrario es dominado, y así sucesivamente.

Cuadro 12. Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Costos que varían		Beneficios netos		Decisión
T5	Q	2.59	Q	0.43	No dominado
T2	Q	2.61	Q	0.48	No Dominado
T6	Q	2.63	Q	0.23	Dominado
T3	Q	2.65	Q	0.28	Dominado
T4	Q	2.68	Q	0.33	Dominado
T1	Q.	2.51	Q	-0.33	Dominado

De acuerdo al análisis de dominancia, podemos ver en el cuadro anterior que los tratamientos T2 (Fosfuro de aluminio), T3 neem (*A. indica*), y T4 apazote (*Ch. ambrosioides*) son No dominados, por lo que se consideran rentables ya que, al aumentar sus costos variables, también aumentaron sus beneficios netos.

f. Cálculo de la tasa de retorno marginal (TRM)

Cuadro 13. Calculo de la tasa de retorno marginal (TRM) de los tratamientos no dominados.

Tratamiento	Costos que varían		Beneficios netos		Δ C. V.	Δ B. N.	TRM (%)
T5	Q	2.59	Q	0.43			
T2	Q	2.61	Q	0.48	0.02	0.05	250

El cuadro 14 nos muestra la tasa de retorno marginal de la cual obtuvimos que el tratamiento T2 (fosfuro de aluminio proporciona los mayores beneficios que se puede esperar un retorno de capital de Q2.50 por cada Quetzal que se invierta.

g. Cálculo de la tasa mínima de retorno (TAMIR)

La tasa de interés en el mercado financiero (activa) para el sur occidente de Guatemala es del 13.8%, lo cual al sumarle el 40% del retorno mínimo exigido a la agricultura, se obtiene una TAMIR de 53.8%.

h. Determinación del tratamiento más rentable

Usando el criterio de optimalidad, “el tratamiento más rentable es el último para el cual se cumple la condición, $TMR \geq TAMIR$ ”, se observa que este se cumple en el tratamiento T2 TRM (250 %) es $\geq$ que la TAMIR (53.80%).

Este tratamiento corresponde al testigo relativo, que consiste en la aplicación de fosfuro de aluminio 60%, el cual utiliza el productor de forma tradicional para el control de *S. zeamays* en granos de maíz almacenado.

8. CONCLUSIONES

El porcentaje de mortalidad de acuerdo a la separación de medias mostró que el tradicional uso de fosfuro de aluminio 60% provocó el 100% de mortalidad de *Sitophilus zeamais*). La mortalidad provocada por los productos vegetales vario, teniéndose a neem (*Azadirachta indica*) quien reportó el 84.25%, ($P < 0.05$) siendo el mas efectivo.

El menor porcentaje de grano dañado y la menor pérdida de peso de grano se tuvo con el tratamiento fosfuro de aluminio, con un porcentaje de grano dañado del 0.79% y una pérdida de peso de 0.69%. Dentro de las 4 especies vegetales evaluadas, se tuvo que neem (*A. indica*) y apazote (*Ch. ambrosioides*), estadísticamente permiten porcentajes de daño de grano similares, sin embargo, el resultado obtenido en base al porcentaje se tuvo que neem permitió un daño del 1.41% y apazote 2.43%. La menor perdida se dio al tratar los granos de maíz con polvo de semillas de neem, teniéndose el 2.08% y los granos tratados con apazote tuvieron una pérdida del 2.72%,

Para la variable días de control se tuvo que en los primeros 30 días no se tiene presencia de insectos, a excepción del testigo absoluto. A partir del día 45 se tuvo que los tratamientos testigo absoluto y flor de muerto presentaron infestación de gorgojos. Del día 90 al día 150, todos los tratamientos estadísticamente son diferentes y la población que ataca los granos almacenados estadísticamente es significativa para cada uno de los tratamientos

De acuerdo al análisis económico, los tratamientos donde se aplicó fosfuro de aluminio (T2) y Neem (*A. indica*) (T5), son los tratamientos con los cuales los agricultores obtiene los mayores beneficios económicos que se deriven del tratamiento de maíz almacenado en trojes tradicionales, estos tratamientos resultaron ser no dominados y permiten los mayores beneficios que se puede esperar en el retorno de capital.

9. RECOMENDACIONES

Al comparar el efecto de control de las especies vegetales con el tradicional tratamiento de fosfuro de aluminio 60% y al tener resultados similares, para evitar el ataque del gorgojo *Sitophilus zeamais* en mazorcas almacenadas en trojes de maíz, se recomienda, la aplicación de polvo de semillas de neem (*Azadirachta indica*) o polvo de hojas, tallo y flor de apazatoe (*Chenopodium ambrosoides*) utilizando el 5% del peso total de mazorcar a almacenar.

Se recomienda la conservación *in situ* de las especies vegetales: neem (*Azadirachta indica*), apazatoe (*Chenopodium ambrosoides*) y flor de muerto (*Tagetes erecta*), como recurso filogenético para el manejo integrado de *Sitophilus zeamais* para garantizar la conservación y la inocuidad del grano almacenado de maíz.

Con la finalidad de garantizar la salud y la seguridad alimentaria del núcleo familiar del agricultor al consumir el maíz almacenado, se recomienda continuar investigando sobre el control de plagas de granos almacenados ya que estas son responsables de la pérdida de más del 20% del producto que estos destinan para su alimentación.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abbot, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticidal. *Journal of Economical Entomology* 18: 265-267.
- Abou-Fakhr, H (2001). Efficacy of extracts of *Melia azedarach* L. callus, leaves and fruits against adults of the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Hom, Aleyrodidae). *J. Appl. Entomol.* (125): 483-488.
- Adams, J. (1976). Weight loss caused by development of *Sitophilus zeamais* Motsch, in maize. *J. Stored Prod. Res* 12: pp 269-272.
- Ahmed, S. Grainge. (1986). Potential of the neem tree (*Azadirachta indica* Juss) for pest control and rural development. *Econ. Bot.* 40 (2) :201-208.
- Bergvinson, D. (2004). Estrategias en postcosecha para reducir las pérdidas en maíz debido a plagas. In: UAM. Nuestra Agricultura en el tercer milenio. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (In press).
- Borrer, M. (1979). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Continental, México D. F. 230 pp.
- Cruz, R. De La. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, basado en el sistema Holdridge, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- Cruz, K. (2014). Comercialización y producción de maíz. Municipio de Coatepeque, Quetzaltenango, Informe general, EPS, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Cugala, D., Sidumo, A., Santos, L., Mariquele, B., Cumba, V., & Bulha, M. (2007). Assessment of status, distribution, and weight lost due to *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleóptera: Bostrichidae) in Mozambique. *African Crop Science Proceedings*, 8, 975-979. Obtenido de www.acss.ws/Upload/XML/Research/397.pdf.
- Danho, M. (2002). The impact of grain quantity on the biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio. *Journal of Stored Products Research* 38. Pp 259-266.
- Díaz-Pontones, D. (2001). El endospermo y sus usos. *Ciencia y Desarrollo*. 161:17-21.
- Dobie, P. (1974). The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Mosth (Coleoptera, Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.* 10: 183-197

- Domínguez M, V M; Correa L, A J. (1998). Uso de plantas silvestres para el control del “gorgojo del maíz” *Sitophilus zeamais*. Mots. y el “gorgojo pinto del frijol” *Zabrotes subfasciatus* Bohemam. In Simposio Internacional y IV Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. C. Rodríguez H. Ed (1,1998, Acapulco, México). Memorias. p. 91-7
- Ecoclima (2013). Manual para la construcción de troje mejorada para el almacenamiento de granos, Ministerio Federal De Cooperación Económica y Desarrollo, Ecuador.
- Esquinca, H. (1994). Efecto antagónico del polvo de hojas de árboles de Neem (*Azadirachta indica* A: Juss) del Estado de Nuevo León sobre *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Consultado el 30 nov 2016. Disponible en <http://cdigital.dgbua.nl.mx/te/1080062560.pdf>
- FAO (1992). Maize in human nutrition. FAO Food and Nutrition Series, No. 25. Rome Italy.
- García, E. (2009). Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para control de *Sitophilus zeamais*, Tesis Ing. Agr. Parasitólogo, Universidad autónoma Antonio Narro, México.
- Gómez, D. (2014). Efecto del manejo del número de brotes y de la aplicación de ácidos húmicos sobre el crecimiento y rendimiento en cultivo de yuca, en Coatepeque, Quetzaltenango. Tesis Ingeniero Agrónomo, FCAA, Universidad Rafael Landívar.
- Grube, A. (2000). Los Mayas: Una civilización Milenaria. Konemann. Italia. 480 p.
- Hernández, D; Delgado, N; Arguello, G. (2012). Evaluación de la eficacia de fosfuro de aluminio para el control de *Oryzaephilus surinamensis* (L), en condiciones de laboratorio. Entomotropica vol. 27 (1).
- Kawas, D. (1981). Plantas medicinales útiles contra la tuberculosis y enfermedades del aparato respiratorio en el área metropolitana de Monterrey, N. L. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. pp. 24-27, 94-99, 121-123.
- 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
- Leos, J; Salazar, P. (1990). Importación y diseminación del árbol insecticida neem (*Azadirachta indica* A. Juss) en México. Memoria II Simposio nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. XXV Cong. Nal. Entom. Oaxaca, Oax. Mayo 1990. pp. 106-127.

- Longstaff, C. (1981). Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae). a critical review. *Protection Ecol.* 2:83-130.
- Mazzonetto, F. (2002). Efecto de genótipos de feijoeiro e de pós de origen vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col.: Bruchidae). Piracicaba, 134. Tesis Doutorado, Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», Universidad de Sao Paulo.
- Miranda, F. (1952). La vegetación de Chiapas. Chiapas, México. p. 319.
- Lozoya, X. (1982). Flora Medicinal de México. Plantas Indígenas. Inst. Méx. Seguro Social, México, pp. 31-41.
- Molina, J. D. (2000). Evaluación de *Beauveria bassiana* para el combate de insectos plaga en maíz almacenado. Tesis para optar al título de Ing. Agr. de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano
- Monroy O, F. A. (1979). Efecto de varias dosis de insecticidas en el almacenamiento de grano y semilla de maíz, para el control de gorgojo (*Sithophilus orizae*). Tesis ing. Agr. Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 63 p.
- Morales, C.; (2004). Evaluación de la actividad larvicida de extractos polares y no polares de acetogeninas de *Annona muricata* sobre larvas de *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae). *Revista Colombiana de Entomología* 30 (2): 187-192.
- Painter, RH. (1958). Resistance of plants to insects. *Annu. Rev Entomol.* 3:267-290.
- Pizarro, D.I. (2002). Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con plantas medicinales en polvo. 30p. Tesis (Ingeniero Agrónomo) - Universidad de Concepción, Chillán
- RAAA (2000). Plantas con potencial biocida. Metodologías y experiencias para su desarrollo. Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos (Perú) Editores I. Arning, H. Velásquez. (Eds). RAAA. Huancayo. Perú.
- Rodríguez H, C. (1999). Recetas de nim *Azadirachta indica* (Meliceae) contra plagas. In Simposio Nacional Sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Memorias. C. Rodríguez H. Ed. p.39 - 59.
- Rodríguez H, C. (1990). Actividad insecticida de (Hippocratea excelsa: Hippocrateaceae) en siete especies de insectos de importancia económica. In Simposio Nacional Sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas (2, 1990, Oaxaca, México). Memoria. C. Rodríguez H. Ed. Oaxaca, p. 37-47

- Rodríguez L, D A; Sánchez S, S; Arenas L, V. (1992). Evaluación de las actividades tóxicas de plantas silvestres del estado de Tabasco, sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) “gorgojo mexicano del frijol” (Coleoptera: Bruchidae) y de *Sitophilus zeamais* L. “gorgojo del maíz” (Coleoptera: Curculionidae), en frijol y maíz almacenado bajo condiciones de laboratorio. In Congreso Nacional de Entomología (27, 1992, San Luis Potosí, México). Memorias p. 207-8.
- Rodríguez, C. y A. Lagunes. (1992). Plantas con propiedades insecticidas. Revista Agro productividad. (1):17-25.
- Salgado N. (2012). Aceite esencial de *Piper crassinervum*, para el control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Tesis Maestría en Entomología, Universidad de Federal de Viçosa. Colombia.
- Salvadores U, Y. (2007) Polvos de especias aromáticas para el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado, Agricultura Técnica, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chile.
- Serratos, A. (1993). Análisis genético de algunas características bioquímicas y estructurales del grano de maíz (*Zea mays*) y su relación con la resistencia a la infestación de *Sitophilus zeamais*, Ph D Thesis. CINVESTAV, México. 106p.
- Silva, G. (2005). Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Universidad de Concepción. Brasil, Pesq. agropec. bras. vol.40 no.1
- Silva, G., Pizarro, D., Casals, P. y Berti, M. (2003). Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. Agrociencia 9:383
- Silva, G. (2004). Oportunidad de los plaguicidas de origen vegetal en la agricultura chilena. In: Gonzalo Silva y Ruperto Hepp (Eds). Memoria Seminario Internacional: Alternativas ecológicas para el control de plagas y enfermedades agrícolas. Noviembre 5, 2004, Universidad de Concepción, Chillán. Chile.
- Simmons, C; Tàrano, JM; Pinto, JH. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado-Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra.
- Swain, T. (1977). Secondary compounds as protective agents. Ann. Rev. Plant. Physiol. 28:479-501.
- Tavarez, M. (2002). Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* (Col.: Curculionidae). Tese Maestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Brasil, p. 59

- Urbano T, P (2004). Biopesticidas de origen vegetal. Mundi-Prensa, España, 2004, pp. 302
- Vasquez, A. M. (2001). El ecosistema de granos almacenados. Avance y Perspectiva. Vol. 20. pp 407-413.
- Villarreal, Q. J. (1983). Malezas de Buenavista Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. pp. 86, 130, 240-241.
- Zamora H, M. (2008). Control de plagas con aplicación de insecticidas naturales, En: VII encuentro internacional de agricultura orgánica y sostenible. Memorias ACTAF. La Cuba Haba

11. ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de actividades

Actividad	MES						
	1	2	3	4	5	6	7
Selección de agricultor							
Elaboración de unidades experimentales (trojes)							
Secado de vegetales para tratamientos							
Molienda de tratamientos							
Aplicación de tratamientos							
Muestreos							
Tabulación de datos							
Análisis y discusión de datos							
Elaboración de informe							
Presentación de informe final							

Anexo 2. Variable: Porcentaje de mortalidad (Datos de campo).

Tratamientos	I	II	III	IV	Media
Testigo absoluto	0	0	0	0	0
Fosfuro de aluminio	100	100	100	100	100
Ruda	74	70	75	73	73
Apazote	63	67	60	61	62.75
Neem	84	82	85	86	84.25
Flor de muerto	45	56	53	48	50.5

Anexo 3. Variable: Porcentaje de mortalidad corregida

Tratamientos	I	II	III	IV	Media
Testigo absoluto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fosfuro de aluminio	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Ruda	74.00	70.00	75.00	73.00	73.00
Apazote	63.00	67.00	60.00	61.00	62.75
Neem	84.00	82.00	85.00	86.00	84.25
Flor de muerto	45.00	56.00	53.00	48.00	50.50

Anexo 4. Variable: Porcentaje de mortalidad corregida (Datos transformados $\sqrt[3]{(X/100) + 3/8}$).

Tratamientos	I	II	III	IV	Media
Testigo absoluto	0.6124	0.6124	0.6124	0.6124	0.61237
Fosfuro de aluminio	1.1726	1.1726	1.1726	1.1726	1.17260
Ruda	1.0559	1.0368	1.0607	1.0512	1.05115
Apazote	1.0025	1.0223	0.9874	0.9925	1.00116
Neem	1.1023	1.0932	1.1068	1.1113	1.10338
Flor de muerto	0.9083	0.9670	0.9513	0.9247	0.9781

Anexo 5. Variable: Porcentaje de grano dañado. Datos transformados = $\arcseno \sqrt{x/100}$

Tratamientos	I	II	III	IV	Media
Testigo absoluto	33.41787	35.36372	32.27368	33.98620	33.76037
Fosfuro de aluminio	5.42607	4.77465	5.47540	4.68339	5.08987
Ruda	10.48573	11.32668	10.50753	11.02658	10.83663
Apazote	9.14276	9.07992	8.81996	8.73752	8.94504
Neem	6.62331	6.12168	7.21859	7.81508	6.94466
Flor de muerto	12.88515	13.21722	12.82631	13.50474	13.10835

Anexo 6 Variable: Porcentaje de pérdida de peso, datos de campo

Tratamientos	I	II	III	IV	Media
Testigo absoluto	29.16667	28.93519	27.31481	29.39815	28.70370
Fosfuro de aluminio	0.69444	0.69444	0.69444	0.69444	0.69444
Ruda	5.32407	5.09259	5.55556	5.78704	5.43981
Apazote	2.54630	2.54630	3.00926	2.77778	2.71991
Neem	2.08333	1.62037	2.08333	2.54630	2.08333
Flor de muerto	8.10185	7.63889	7.63889	7.63889	7.75463

Anexo 7. Variable: Porcentaje de pérdida de peso, datos transformados = $\arcseno \sqrt{x/100}$

Tratamientos	Repeticiones				Media
	I	II	II	IV	
Testigo absoluto	30.83637	30.82022	30.11963	30.78209	30.64106
Fosfuro de aluminio	4.758156	4.774648	4.802522	4.731043	4.766663
Ruda	13.26655	12.76827	13.42726	13.62641	13.27592
Apazote	9.142755	9.217741	9.815048	9.451352	9.410366
Neem	8.111865	7.293396	8.194407	9.090301	8.197223
Flor de muerto	16.12299	15.85408	15.70896	15.83572	15.88115

Anexo 8. Variable: control de *S. zae-mais*, a los 45 días después de aplicación (Datos transformados $\sqrt{(X/100) + 3/8}$).

Tratamientos	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
Testigo absoluto	37.78916	39.48839	38.22105	39.07051	38.64228
Fosfuro de aluminio	35.08636	35.08636	35.08636	35.08636	35.08636
Ruda	35.08636	35.5511	35.5511	36.00984	35.5496
Apazote	35.08636	35.08636	35.08636	35.08636	35.08636
Neem	35.08636	35.08636	35.08636	35.08636	35.08636
Flor de muerto	36.46281	36.46281	36.91022	36.00984	36.46142

Anexo 9. Análisis de varianza: para control de *S. zeae-mais* a los 45 días después de aplicación

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	39.599609	7.919922	54.1148	0.000*
Error	15	2.195313	0.146354		
Total	23	42.234375			

C.V. = 1.06%



Identificación del sitio experimental



Tratamientos evaluados en la presente investigación



Muestreo de mazorcas para verificar presencia de gorgojo



Elaboración de unidades experimentales (troje)



Mazorca dañada por gorgojo y afectada por hongos



Muestreo de unidades experimentales



Molienda de tratamientos



Preparacion de tratamientos vegetales para aplicación.