

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL PARASITISMO DE CEPAS DE *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin Y *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson EN NINFAS DE CHINCHE SALIVOSA *Aeneolamia postica* (Walk.), BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN LA FINCA BELÉN, DIAGNÓSTICO Y PROYECTOS REALIZADOS EN EL INGENIO LA UNIÓN, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

JUAN FRANCISCO PEC HERNÁNDEZ

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL PARASITISMO DE CEPAS DE *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin Y *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson EN NINFAS DE CHINCHE SALIVOSA *Aeneolamia postica* (Walk.), BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN LA FINCA BELÉN, DIAGNÓSTICO Y PROYECTOS REALIZADOS EN EL INGENIO LA UNIÓN, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

JUAN FRANCISCO PEC HERNÁNDEZ

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL III	Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz López
VOCAL IV	P. Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL V	P. Cont. Neydi Yasmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, octubre de 2017

Guatemala, octubre de 2017

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el TRABAJO DE GRADUACIÓN: **EVALUACIÓN DEL PARASITISMO DE CEPAS DE *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin Y *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson EN NINFAS DE CHINCHE SALIVOSA *Aeneolamia postica* (Walk.), BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN LA FINCA BELÉN, DIAGNÓSTICO Y PROYECTOS REALIZADOS EN EL INGENIO LA UNIÓN, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente llene los requisitos necesarios para su aprobación, me suscribo.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

JUAN FRANCISCO PEC HERNÁNDEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Por ser la fuente de sabiduría y de conocimiento

MIS PADRES Juana Hernández Sajche
Por todo el cariño, comprensión, apoyo, consejos y sus oraciones.

Encarnación Pec Hernández
Por sus oraciones, el cariño, disciplina, apoyo moral y económico.

MIS HERMANOS Marvin, Elvia, Marleny, Génesis, y David por brindarme su cariño y apoyo en todo los momentos de mi vida.

MIS ABUELOS Tomasa Hernández: Gracias por sus múltiples Consejos.
Nicolasa Sajche (Q.E.P.D.): Flores en su tumba
Mateo Pec (Q.E.P.D.): Flores en su tumba
Juan Francisco Hernández (Q.E.P.D.): Flores en su tumba.

TRABAJO DE GRADACIÓN QUE DEDICO

A:

Mi país, tierra linda que me vió nacer y a mis compatriotas que gracias a sus impuestos se sustenta la educación superior en la USAC

La Tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente

La FAUSAC por abrirme sus puertas, hacerme un profesional de bien y ser templo del saber en dónde forje mis máximos ideales.

La Escuela Nacional Central de Agricultura por iniciar mi formación en el ámbito agrícola.

Todos mis compañeros y amigos de esta Gloriosa Facultad de Agronomía

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios

Por darme salud y sabiduría para poder culminar esta etapa de mi formación profesional.

La Virgen María

Por interceder por mi ante su hijo Jesucristo llenando de alegría cada día de mi vida.

La gloriosa Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)

“Grande entre las del mundo”.

Al Ingenio La Unión

Por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones

Departamento de Agronomía del Ingenio La Unión

Al Ing. Agr. Víctor Hugo Motta, Ing. Agr. José Miguel Lemus, Dr. Francisco Badilla, Sr. Constantino Velásquez y a los Técnicos de Campo por compartir sus conocimientos en el manejo integrado de plagas.

Por el compañerismo y amistad de Amissaday Barrera, Isaías Coj, Elisa Cruz y José Chajal.

Mis supervisores, Ing. Agr. José Luis Alvarado e Ing. Agr. Fernando Rodríguez

Por brindarme apoyo moral y el conocimiento científico durante el EPS y en la elaboración de mi trabajo de graduación.

Mi asesor, Dr. Sc. Ezequiel López

Por el valioso aporte científico en la elaboración de la investigación que también forma parte de este documento de graduación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN GENERAL	vii
CAPÍTULO I	1
ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL INGENIO LA UNIÓN, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.....	1
1.1 Presentación	2
1.2 Marco referencial	2
1.2.1 Departamento de Investigación Agrícola	4
1.2.2 Departamento de Ingeniera Agrícola	4
1.2.3 Departamento de Agronomía	4
1.2.4 Localización	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 General	6
1.3.2 Específicos	6
1.4 Metodología	6
1.5 Resultados	7
1.5.1 Organigrama del área de Manejo Integrado de Plagas	7
1.5.2 Principales actividades que se realizan en el área de Manejo Integrado de Plagas. 9	9
1.5.3 Manejo integrado del barrenador.....	9
1.6 Conclusiones	14
1.7 Recomendaciones	14
1.8 Bibliografía	14
CAPÍTULO II	15
EVALUACIÓN DEL PARASITISMO DE CEPAS DE <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.) Sorokin, <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuillemin y <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Thom.) Samson EN NINFAS DE CHINCHE SALIVOSA <i>Aeneolamia postica</i>	

(Walk.), BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN LA FINCA BELÉN, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.....	15
2.1 Presentación	16
2.2 Marco teórico	17
2.2.1 Marco conceptual	17
2.2.1.2 Control.....	24
2.2.2 Marco referencial	29
2.3 Objetivos	33
2.3.1 Objetivo General.....	33
2.3.2 Objetivos Específicos	34
2.4 Hipótesis	34
2.5 Metodología	34
2.5.1 Factor de estudio	34
2.5.2 Tratamientos.....	34
2.5.3 Variables de respuesta	35
2.5.4 Unidad experimental	36
2.5.5 Manejo del experimento	37
2.5.6 Diseño experimental	50
2.5.7 Análisis de la información	51
2.6 Resultados	52
2.6.1 Porcentaje de mortalidad.....	52
2.6.2 Porcentaje de parasitismo	59
2.6.3 Análisis de resultados.....	64
2.7 Conclusiones	70
2.8 Recomendaciones	71
2.9 Bibliografía	72
2.10 Anexos	77
2.10.1 Boletas de registro.....	77
CAPÍTULO III	78
PROYECTOS PROFESIONALES REALIZADOS	78
3.1 Presentación	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Organigrama del sector agrícola del Ingenio La Unión.	3
Figura 2. Metodología empleada para la elaboración del diagnóstico.....	6
Figura 3. Organigrama del área de Manejo Integrado de Plagas.....	8
Figura 4. Organigrama de la subárea de supervisión de MIP	8
Figura 5. Actividades que se realizan en el área de MIP del Ingenio La Unión.....	13
Figura 6. Fases de desarrollo de <i>A. postica</i> . Huevo (A), ninfa (B), salivazo (ninfa) (C) y adulto (D)	20
Figura 7. Mapa de ubicación del Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa.....	30
Figura 8. Representación de una unidad experimental (maceta con 25 ninfas).....	36
Figura 9. Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones en el área experimental.	37
Figura 10. Preparación de las macetas utilizadas para contener a las unidades experimentales. A: macetas utilizadas previo a ser lavadas, B: Perforación de macetas.	37
Figura 11. Colecta y solarización del suelo empleado como sustrato. A y B: colecta de suelo, C y D: solarización del suelo, E: medición de temperatura.	38
Figura 12. Siembra de las plantas de caña de azúcar. A: semillas seleccionadas después de su respectivo tratamiento, B: Llenado de macetas con el suelo previamente solarizado, C y D: Colocación de semillas en el suelo.	39
Figura 13. Desmalezado de macetas. A: planta recién emergida, B: disposición de las plantas en la fase de preparación y C: eliminación de malezas en las macetas.	40
Figura 14. Fertilización de las plantas. A y B: bolsas conteniendo la cantidad correspondiente a cada planta de fosfato monoamónico, C: aplicación de los fertilizantes, D: Plantas después de aplicar los fertilizantes.	40

Figura 15. Preparación de las macetas previo a colocar las ninfas de chinche salivosa. A y B: exposición de las raíces de las plantas de caña de azúcar, C: raíces expuestas de las plantas de caña de azúcar.	41
Figura 16. Colecta de ninfas de chinche salivosa.	42
Figura 17. Macetas después del trasladado las ninfas de chinche salivosa, previo a la aplicación de tratamientos.	43
Figura 18. Comprobación del estado de las boquillas utilizadas para la aplicación de las suspensiones de hongos entomopatógenos	43
Figura 19. Esquema de la preparación de la suspensión de cada una de las cepas de hongos entomopatógenos evaluados. A1 y A2: pesado del sustrato inoculado, B: adición de Tween 20®, C1 y C2: adición de sustrato inoculado. D1 y D2: agitación de la suspensión.	45
Figura 20. Preparación de bombas previo a la aplicación de las suspensiones preparadas. A y C: suspensión de conidios de <i>Metarhizium anisopliae</i> , B: sustrato inoculado después de extraer los conidios.	45
Figura 21. Estado de las ninfas antes de realizar la aplicación (A, B y C).	46
Figura 22. Aplicación de los tratamientos. A: revisión de la bomba, B y C: Aplicación de las suspensiones correspondientes.	47
Figura 23. Toma de datos de la variable mortalidad. A. Búsqueda de ninfas muertas. B. Colecta de ninfas muertas. C. Ninfas muertas colectadas en una unidad experimental.	48
Figura 24. Esquema del proceso del lavado de ninfas de chinche salivosa. A: ninfas colectadas en una unidad experimental, B: Ninfas colectadas en una unidad experimental colocadas en un colador, C: tren de desinfección donde son sumergidas las ninfas contenidas en el colador, D: eliminación del exceso de humedad de las ninfas, E: ninfa en su cámara húmeda, F: ninfas colectadas en una unidad experimental colocadas en su correspondiente cámara húmeda.	50
Figura 25. Curva de densidad observada y gráfico de probabilidad normal para los residuos de la variable porcentaje de mortalidad.....	55

Figura 26. Gráfico de valores predichos por el modelo versus la raíz cuadrada de los residuos estandarizados de la variable porcentaje de mortalidad.	56
Figura 27. Curva de densidad observada y gráfico de probabilidad normal de los residuos de la variable porcentaje de parasitismo	60
Figura 28. Gráfico de valores predichos por el modelo versus la raíz cuadrada de los residuos estandarizados de la variable porcentaje de parasitismo.....	61
Figura 29. Porcentaje de parasitismo y de mortalidad promedio en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de hongos entomopatógenos.....	64
Figura 30. Ninfas de chinche salivosa (A y B), y adulto de chinche salivosa (C) parasitados por <i>Beauveria bassiana</i> BISA 0114.....	65
Figura 31. Ninfas de chinche salivosa (A, B y C), y adulto de chinche salivosa (D) parasitados por <i>Metarhizium anisopliae</i> ILU 0114.	66
Figura 32. Ninfas de chinche salivosa parasitadas por <i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 01-2000, a los 6 días (A), 10 días (B) y 12 días (C) después de aplicado el hongo entomopatógeno	67
Figura 33. Ninfas de chinche salivosa parasitadas por <i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 0214, a 8 días (A), 10 días (B) y 14 días (C) después de la aplicación.	67
Figura 34. Ninfas de chinche salivosa (A, B) y adulto (C) parasitadas por <i>Paecilomyces lilacinus</i> BISA 0113.....	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentración de conidios empleados de las cepas y especies utilizados de hongos entomopatógenos.	35
Cuadro 2. Cantidad de sustrato inoculado de cada cepa en un volumen de suspensión de 5 L, para cumplir con la concentración requerida de 5×10^{13} conidios/ha.....	44
Cuadro 3. Coeficientes de los contrastes ortogonales planteados para la comparación de medias.....	52
Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de hongos entomopatógenos.	52

	Página
Cuadro 5. Porcentaje de mortalidad en ninfas de chinche salivosa corregido con la ecuación de Abbott.	53
Cuadro 6. Prueba de Durbin Watson para los residuos de la variable porcentaje de parasitismo.	54
Cuadro 7. Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los residuos de la variable porcentaje de mortalidad.	55
Cuadro 8. Resultados de la prueba de C de Cochran para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas para los residuos del porcentaje de mortalidad.	57
Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad.	57
Cuadro 10. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para la variable porcentaje de mortalidad.	58
Cuadro 11. Porcentaje de parasitismo en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de hongos entomopatógenos.	59
Cuadro 12. Prueba de Durbin Watson para los residuos de la variable porcentaje de parasitismo.	60
Cuadro 13. Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los residuos de la variable porcentaje de parasitismo.	61
Cuadro 14. Resultados de la prueba C de Cochran para la verificación del supuesto homogeneidad de varianzas para los residuos de la variable porcentaje de parasitismo.	62
Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza para la variable porcentaje de parasitismo.	62
Cuadro 16. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para la variable porcentaje de parasitismo.	63
Cuadro 17A. Boleta de registro para la variable respuesta porcentaje mortalidad y parasitismo del tratamiento 1 y repetición 1.	77

RESUMEN GENERAL

El Ingenio La Unión se encuentra en el kilómetro 101 de la carretera que conduce a Cerro Colorado, en la Finca Belén, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Se dedica a la producción y comercialización de caña, energía, azúcar blanco cristal, blanco estándar, crudo y melaza.

Los problemas principales del Ingenio en el área de Manejo Integrado de Plagas son el manejo del barrenador del tallo (*Diatraea sp.*), la chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) y la rata cañera (*Sigmodon hispidus*). Para el manejo integrado de plagas se recurre a la utilización de productos biológicos (liberación de parasitoides, por ejemplo), prácticas culturales y como última alternativa la aplicación de insecticidas sintéticos. Estos son un riesgo para el establecimiento de los parasitoides, debido a que en el Ingenio La Unión para el manejo de barrenadores se han realizado liberaciones de parasitoides, tales como: *Lixophaga diatraeae*, *Metagonistylum minens* y *Paratheresia claripalpis* y actualmente *Aprostocetus esurus* y *Cotesia flavipes* (Morales, 2008). La aplicación de insecticidas sintéticos también puede afectar la entomofauna benéfica nativa diversa en áreas de vegetación natural en los márgenes del cultivo de caña de azúcar (Gómez y Patterno, 2014).

En el caso de la chinche salivosa *Aeneolamia postica* (Walk.), de acuerdo con estudios presentados por Márquez y López (2006), un adulto por tallo puede reducir el rendimiento de caña en 8.21 T/ha. En el Ingenio La Unión, el paquete de manejo de la chinche salivosa se basa en labores culturales como aporque y rastra sanitaria, control biológico utilizando hongos entomopatógenos, control etológico con trampas adhesivas y aplicaciones de insecticidas químicos.

El manejo de la chinche salivosa con hongos patógenos está dirigido hacia el estadio de adulto, aunque de acuerdo con Camo (1999) en el estadio de ninfa la plaga pasa el mayor tiempo de su ciclo de vida, 29 de 52 días, tiempo que podría aprovecharse para su monitoreo y control, evitando así que llegue a su estado adulto, y que cause los mayores daños al cultivo. Esto sucede porque inyecta toxinas a la planta, provocando que las hojas se sequen,

lo que repercute en la reducción del área fotosintética y por ende la reducción de la producción de caña.

En la búsqueda de una cepa que pueda tener una mayor patogenicidad sobre las ninfas de chinche salivosa se realizó la evaluación de las cepas de los hongos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin y *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson provenientes del banco de cepas del laboratorio de hongos del ingenio La Unión. En el estudio fue incluida la cepa BISA 01-2000 de *Metarhizium anisopliae* que se utiliza para controlar el estadio adulto, ya que no se cuenta con una estrategia biológica para el manejo de la chinche salivosa en el estadio ninfal.

Los resultados obtenidos mostraron que el hongo *Paecilomyces lilacinus* presentó un mayor porcentaje de mortalidad (55.91 %) y parasitismo (35.2 %) sobre las ninfas de chinche salivosa diferenciándose significativamente de las cepas de *Metarhizium anisopliae*, y de *Beauveria bassiana*.

Otra de las plagas que ha adquirido importancia en los últimos años es el saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*) el cual aparece en los últimos ciclos del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Para su control se evaluaron siete insecticidas mediante un diseño de bloques completos al azar, en donde cada unidad experimental constó de 12 surcos, como parcela neta los seis surcos centrales de una longitud promedio de 225 metros. Con el muestreo antes y después de aplicar los tratamientos se determinó un porcentaje de control, que luego de realizar el análisis estadístico se determinó que los productos: Tempano 32.8WP, Confidor 70WP, Actara 25 WG, Kpaz 70 WG y Pymetrozine 50WG presentaron los porcentajes de control más elevados, pero estos no se lograron diferenciar entre sí, aunque superaron a los productos Starkle 20SG e Imidacron 35 SG. Durante el período comprendido entre el muestreo antes y después de aplicar, se observó en el testigo una reducción de la infestación de la plaga en un 31.75 %.

Para el control del barrenador de la caña se simuló con tres niveles de 20,000 adultos por hectárea para obtener un alto índice de infestación y así evaluar el efecto de tres proporciones de *Aprostocetus esurus*, *Diatraea cramboides*, sobre el porcentaje de entrenudos dañados y la cantidad de toneladas de azúcar por hectárea. Se empleó el diseño de bloques completos al azar con ocho repeticiones, cada unidad experimental constó de un surco de ocho metros. Se determinó que las liberaciones de *Aprostocetus esurus* producen un incremento estadísticamente significativo sobre el rendimiento de azúcar, obteniéndose este incremento al liberar al menos cinco *Aprostocetus esurus* por cada crisálida proyectada de barrenador.

En la continua búsqueda de mejoras en el manejo de la chinche salivosa (*Aeneolamia postica*) en el cultivo de caña de azúcar, se aplicaron tres dosis de Thiamethoxam (Actara® 25 WG) en tres distintas etapas fenológicas. Para observar el efecto de los tratamientos se estimó, mediante muestreos la cantidad de ninfas por tallo y número de adultos por tallo de chinche salivosa, también se cuantificó el efecto de los dos factores evaluados en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, a lo largo del periodo de ejecución del ensayo la cantidad de plaga fue cercano a cero, por lo que los tratamientos no tuvieron la condición para expresar su potencial efecto sobre las poblaciones de chinche salivosa y tampoco en el rendimiento.

Se realizaron tres pruebas evaluando en cada una de ellas siete posibles materiales botánicos con acción rodenticida. Después de capturar en campo las ratas, se dejó un periodo de cuarentena, se midió los pesos iniciales y finales de las ratas, y en caso de la mortalidad se tenía planificado cuantificarla. No se logró determinar cuantitativamente el posible efecto rodenticida de las plantas evaluadas, debido a que no se presentó mortalidad, tampoco se encontró efecto en el peso de las ratas, pero se observó que las plantas *Lantana camara*, *Ricinus cummunis*, *Gliricidia sepium* y el frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), producen desordenes intestinales, así como un debilitamiento que las ratas superan fácilmente, posiblemente se debe a que las concentraciones de los compuestos en las plantas son bajas o bien por los métodos de extracción de los compuestos.

CAPÍTULO I

ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL INGENIO LA
UNIÓN, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

1.1 Presentación

El Ingenio La Unión se encuentra en el kilómetro 101 de la carretera que conduce a Cerro Colorado, en la Finca Belén, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Se dedica a la producción y comercialización de caña, energía, azúcar blanco cristal, blanco estándar, crudo y melaza.

De manera general el cultivo de la caña de azúcar comprende las actividades: preparación de suelos, siembra, fertilización, riego, control de malezas, control de plagas, aplicación de madurantes, corte, alce y transporte de la caña. Actividades que se manejan dentro de un paquete tecnológico. El área de Manejo Integrado de Plagas (MIP) es el ente que se encarga del manejo de las poblaciones de plagas.

Los problemas principales que el área de Manejo Integrado de Plagas afronta es el manejo del barrenador del tallo (*Diatraea sp.*), la chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) y la rata cañera (*Sigmodon hispidus*). Para su manejo se utiliza principalmente productos biológicos aunque en casos extremos se recurre a productos químicos; para el caso del barrenador del tallo se realizan liberaciones del parasitoide *Cotesia flavipes* y aplicaciones de *Bacillus thuringiensis*, para el control de Chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) se utiliza el hongo entomopatogeno *Metharizium anisoplae*, solo para el control de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*) se utiliza el producto químico cebo fabricado por la misma empresa, además de realizar un control cultural y físico.

1.2 Marco referencial

El Ingenio La Unión es una empresa agroindustrial que tiene bajo administración 20,478 hectáreas con la producción de 2,225,000 toneladas de caña por ciclo de cultivo, esto aunado a la producción de fincas independientes da un total de 3,640,000 toneladas de caña procesada en cada zafra. Con ello se produce y comercializa caña, azúcar y electricidad, cumpliendo las más exigentes normas de calidad para satisfacer la alta

demanda de los productos sometiendo a la mejora continua de los procesos agrícolas e industriales.

La empresa está constituida por la división agrícola, subdividida en áreas de campo para el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp*), la operación de cosecha, alce y transporte. La superintendencia de cultivo es la que se encarga de todo el manejo del cultivo hasta la producción del mismo, está constituida por cuarenta y una fincas, cinco jefaturas de zonas de producción donde se agrupan todas las fincas, administradores que tienen a su cargo varias fincas en una zona específica para suministrar de caña de azúcar a los Ingenios La Unión-Los Tarros y finalmente está constituida por tres departamentos los cuales son:

Departamento de Investigación Agrícola

Departamento de Ingeniería Agrícola

Departamento de Agronomía

Cada uno de los jefes de departamento se encarga de planificar, coordinar y calendarizar conjuntamente con los jefes de zona y administradores las actividades que se deben de realizar en las diferentes fincas de las cinco jefaturas de zona, en la figura 1 se puede observar el organigrama del área relacionado al manejo agronómico de la empresa.

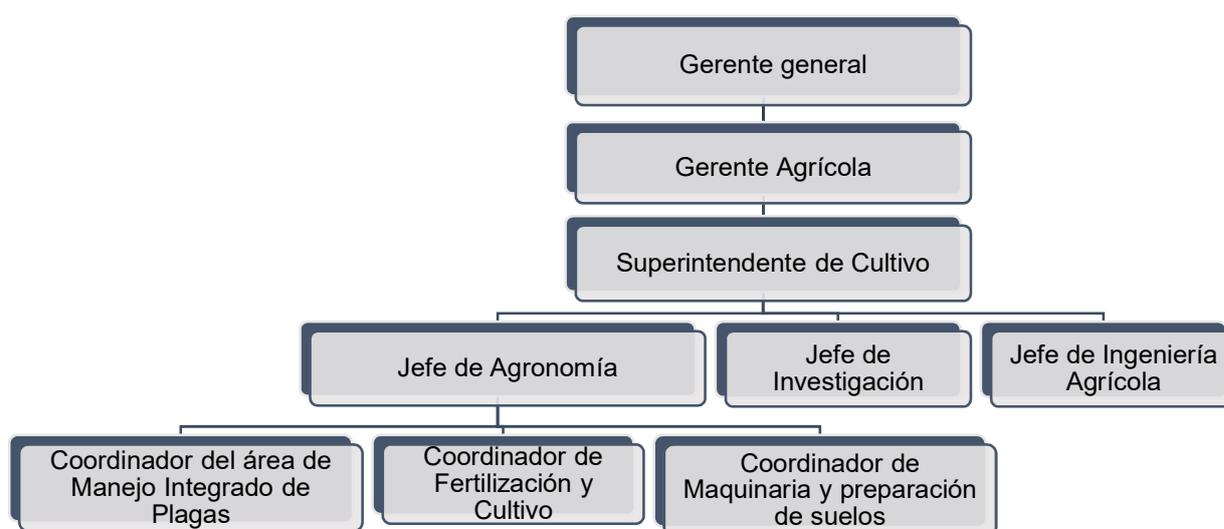


Figura 1. Organigrama del sector agrícola del Ingenio La Unión.

1.2.1 Departamento de Investigación Agrícola

El trabajo realizado por este departamento es obtenido con el apoyo del equipo de la gerencia agrícola, otros departamentos, jefes de zona, administradores y personal de campo de forma directa e indirecta, este departamento se encarga de realizar investigaciones tales como evaluaciones de variedades, maduración artificial de la caña de azúcar, calidad de semilla de diferentes variedades, ensayos de subsuelo y evaluaciones de nuevas opciones de fertilización y otros.

1.2.2 Departamento de Ingeniería Agrícola

Este departamento se encarga de coordinar y apoyar en las actividades de mecanización agrícola, riego, levantamiento topográfico y protección del área de producción realizando los diseños de bordas, organizar la distribución del equipo de riego y de mecanización. Además diseña, prepara y establece el terreno de nuevas áreas de producción y de áreas de renovación, en donde el cultivo ha estado alrededor de 5 años.

1.2.3 Departamento de Agronomía

Departamento encargado propiamente a las labores de preparación de suelo, fertilización y el Manejo Integrado de Plagas.

1.2.3.1 Fertilización y cultivo

Se encarga de coordinar y velar porque se realicen las actividades de aplicación de herbicidas y fertilizantes, además de llevar un control en la distribución de los insumos y programación de la maquinaria y equipo necesario para las labores.

1.2.3.2 Maquinaria y preparación de suelos

Esta área está destinada para la realización de las gestiones y brindar todos los insumos necesarios, así como capacitación del personal para la preparación del suelo, así como las distintas labores culturales como aporque, etc.

1.2.3.3 Área de Manejo Integrado de Plagas

Este área realiza el control de las plagas, inicialmente se emplean estrategias biológicas, culturales y etológicas, como última alternativa se emplea productos químicos. Para el control del barrenador del tallo (*Diatraea* sp.) se realizan liberaciones de *Cotesia flavipes*, se aplica el hongo entomopatógeno *Metharizium anisoplae* para el control de chinche salivosa (*Aneolamia* sp.) y para el control de plagas del suelo. El paquete de manejo de la chinche salivosa también incluye labores culturales como aporque y rastra sanitaria, control etológico utilizando trampas adhesivas y aplicaciones de insecticidas químicos. Para el manejo de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*) se ha impulsado proyectos de implementación de estructuras para el anidamiento de lechuzas (*Tyto alba*), uso de trampas y el uso de cebos químicos fabricado por la misma empresa.

1.2.4 Localización

El área de Manejo Integrado de Plagas del Ingenio La Unión se encuentra ubicado en las coordenadas 14°16'18" Latitud Norte y 91°05'47" Longitud Oeste a una altura de 180 m s.n.m. localizado en Finca Belén, kilómetro 112 de la ruta que conduce a la aldea Cerro Colorado al sur oeste de la ciudad capital, en el Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla (Aquino, B. 2007).

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Conocer la situación actual del área de Manejo Integrado de Plagas del Ingenio La Unión S.A.

1.3.2 Específicos

1. Conocer la estructura organizacional del área de Manejo Integrado de Plagas.
2. Identificar las actividades que realizan en el área de Manejo Integrado de Plagas.
3. Identificar alternativas de mejora en las actividades del área de Manejo Integrado de Plagas.

1.4 Metodología

Para conocer las principales actividades que se realizan en el área de Manejo Integrado de Plagas del Ingenio la Unión se incurrió a las actividades que se enlistan en la figura 2.

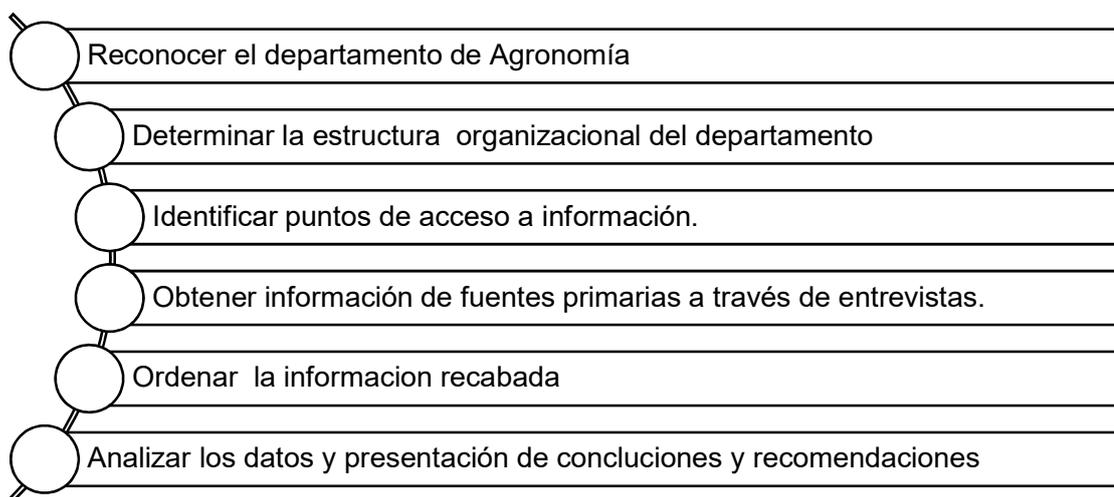


Figura 2. Metodología empleada para la elaboración del diagnóstico

Para la recolección de información primaria principalmente se utilizó una entrevista no estructurada donde se abordó a los encargados de los principales sectores, encargados de laboratorios y al coordinador del área de Manejo Integrado de Plagas, para conocer los procesos y actividades que se realizan en el área, para lidiar con las plagas que afectan el cultivo de caña de Azúcar.

También se realizó una revisión de información secundaria donde se consultó fuentes bibliográficas relacionadas con el Ingenio La Unión, específicamente sobre aspectos generales de la empresa y para complementar la información del área de Manejo Integrado de Plagas, estas fueron sitios web de instituciones nacionales e internacionales que se dedican a la investigación del cultivo en mención, página virtual de la empresa, manuales, tesis, entre otros recursos que puedan ser útiles para enriquecer el conocimiento científico.

1.5 Resultados

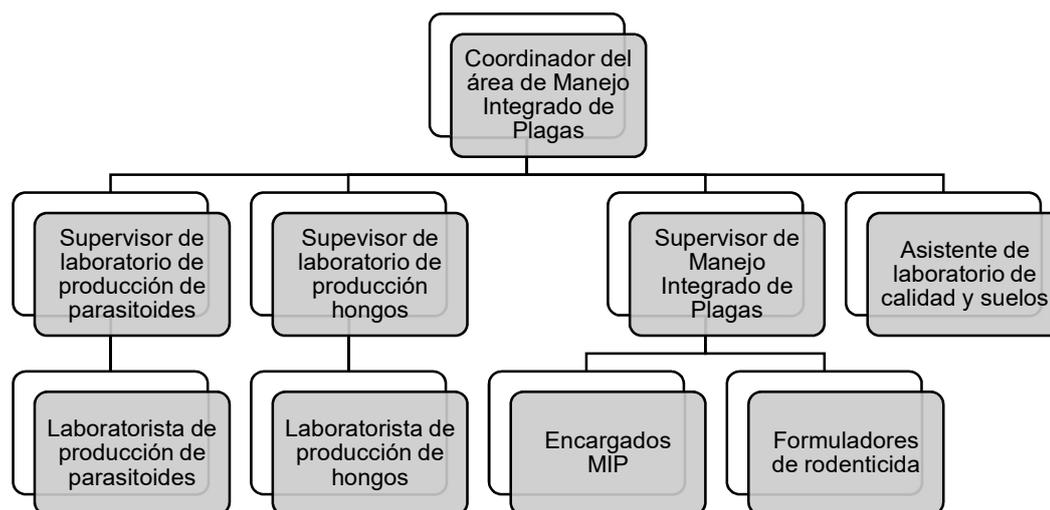
1.5.1 Organigrama del área de Manejo Integrado de Plagas

El área de Manejo Integrado de Plagas (MIP) pertenece al departamento de agronomía, como departamento tiene la función establecer todas las actividades y tareas necesarias para el buen desarrollo del cultivo de caña de azúcar de la empresa, buscando la optimización de los recursos.

Para el funcionamiento del área MIP se cuenta con el organigrama de la figura 3, en donde se indica que todo el equipo es dirigido por el coordinador del área. El área de MIP delega las tareas para reducir las poblaciones de plaga en el cultivo de caña a un nivel económicamente aceptable.

En cada finca bajo administración del Ingenio La Unión se cuenta con personal destinado a las labores relacionados al monitoreo y control de plagas que se presente.

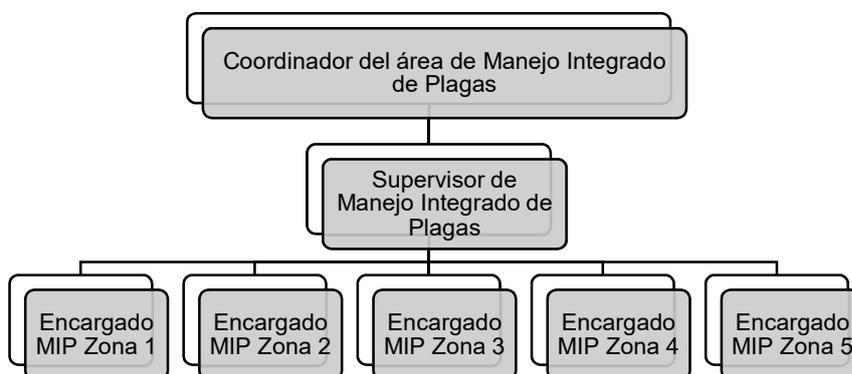
El Área de Manejo Integrado de Plagas tiene la labor de brindar los lineamientos y metodologías para la realización de las distintas actividades destinadas al monitoreo y control de plagas, dichos metodologías son transmitidas del Coordinador del área de Manejo Integrado de Plagas hacia el supervisor de MIP, este tiene la labor de transferirlo hacia los encargados de MIP.



Fuente: Área de Manejo Integrado de Plagas del Ingenio La Unión.

Figura 3. Organigrama del área de Manejo Integrado de Plagas

Cada encargado de MIP tiene una región asignada, tiene la tarea de velar por la correcta realización de las distintas labores, así mismo de trasladar toda la información hacia el Supervisor de Manejo Integrado de Plagas tal y como se muestra en el organigrama de la figura 4.



Fuente: Área de Manejo Integrado de Plagas del Ingenio La Unión.

Figura 4. Organigrama de la subárea de supervisión de MIP

1.5.2 Principales actividades que se realizan en el área de Manejo Integrado de Plagas.

1.5.2.1 Manejo integrado de chinche salivosa

A. Monitoreo

La labor de monitoreo se realiza con el objeto de determinar la población de Chinche en el campo y como está evolucionando en el tiempo.

B. Tipos de control

a. Preventivo

- i. Control mecánico: realizando las labores de rastra sanitaria, aporque, y drenaje
- ii. Control cultural: Busca suprimir la población de huevos de chinche salivosa, exponiéndolos a los rayos solares.

b. Curativo

- i. Control etológico; Se colocan trampas con pegamento adhesivo de color verde en punto foco
- ii. Control biológico; A través de la aplicación de hongo *Metarhizium anisopliae*
- iii. Control químico; Se contempla la aplicación de productos químicos como última posibilidad.

1.5.3 Manejo integrado del barrenador

A. Monitoreo: Se realiza con el objetivo de determinar las poblaciones de barrenadores y el tipo de control a realizar, determinando el umbral económico. Para barrenador el umbral económico se encuentra a partir del 2.08 % de intensidad de infestación. Con el monitoreo se cuantifica el daño causado por el barrenador y se establecen los programas de control por finca y lote.

- a. Determinación de daño por barrenador en la caña de cosecha
 - b. Determinación de daño por barrenador en el macollamiento de la caña
 - c. Determinación de daño por barrenador en la caña en desarrollo
- B. Control: Se realiza con el objetivo de minimizar las poblaciones de barrenadores a manera de que no alcancen ni sobrepasen los umbrales económicos. el manejo integrado de los barrenadores en el cultivo de caña de azúcar se realiza a través de:
- a. Control cultural: Se trata de hacer quemas de punta y destrucción de las plantas donde pueda vivir la plaga (maíz en áreas vecinas).
 - i. Enemigos naturales; Si los muestreos sobrepasan las 625 larvas por hectárea se realiza la liberación de *Aprostocetus esurus* y *Cotesia flavipes*.
 - ii. Aplicación de Dipel® (*Bacillus thuringiensis*)
 - b. Control químico: Se utiliza la hormona Mimic® la cual induce la muda del insecto.

1.5.3.1 Manejo integrado de la rata cañera

- A. Criterios generales
- a. Identificación de la especie, por medio de la observación de aspectos relevantes como, tipo de pelo y largo de la cola, según estudios realizados por el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) la especie predominante de rata en el cultivo de caña es la *Sigmodon hispidus* en un 93 %.
 - b. Determinación del umbral económico, se realiza con el objetivo de orientar las medidas de control para los roedores el umbral económico se encuentra a partir del 4.8 % de infestación al momento de la cosecha.
- B. Monitoreo: Pretende que las poblaciones de ratas no alcancen ni sobrepasen los umbrales económicos, y por lo tanto no causen pérdidas considerables.
- i. El incremento de las poblaciones de ratas es causado por la reproducción e inmigración, en tanto que la disminución se origina por la falta de alimento, fuentes de agua y refugio.

- ii. Se tienen establecidos tres tipos de monitoreo
 - iii. Determinación de daño por rata en la caña de cosecha
 - iv. Determinación de daño por rata en el macollamiento de la caña
 - v. Determinación de daño por rata en la caña en desarrollo
 - vi. Con el monitoreo se cuantifica el daño causado por la rata y se establecen los programas de control por finca y lote.
- a. Control: Tiene como objetivo reducir las futuras infestaciones de rata creando un ambiente menos favorable para su desarrollo, se cuenta con tres tipos:
- i. Control físico, quemas controladas en círculos para encerrar a los roedores en el centro de los pantes, requemas de chorras de basura para eliminar áreas de refugio e inundaciones en áreas donde sea permisible.
 - ii. Control biológico: En forma natural las poblaciones se regulan, por la depredación de aves de rapiña y serpientes. En la parte alta de la empresa se observa una buena regulación de las poblaciones de roedores en forma natural debido a la reserva de bosque aledaña al cultivo. Se debe promover o facilitar el control natural, en la zona media y baja con la introducción de perchas para que las aves tengan donde reposar y visualizar la presa.
 - iii. Control químico: Se utiliza en las áreas infestadas considerando el umbral económico. Se utiliza el cebo mata rata La unión.
 - iv. Control mecánico: Se realiza a través de trampas de guillotina en la periferia de cañales, rumas o terrenos sin cultivo

1.5.3.2 Producción de laboratorio

- A. Laboratorios biológicos: Sirven de apoyo en el control de plagas de forma efectiva y amigable con el ambiente.

a. Parasitoides

El programa se define por el historial de daño de *Diatraea sp.* en las fincas, el cual se realiza en forma estimada y considerando la capacidad instalada del laboratorio se programa la cantidad de *cotesia flavipes* necesaria durante el periodo.

b. Entomopatógenos

De igual manera de acuerdo con los puntos foco encontrados se realiza la programación de la cantidad de hongo a producir durante la temporada para aplicar el hongo *Metarhizium anisopliae* y combatir la chinche salivosa.

Con toda la información recabada se realizó un mapa mental (ver figura 4) en donde se colocó todas las actividades y los criterios que se deben de tomar para la realización de un Manejo Integrado de Plagas.

El área de MIP se encarga de dar asesoría y de distribuir los insumos necesarios para el control de plagas, ya que cuenta con tres laboratorios en donde producen parasitoides, hongos entomopatógenos, además realiza evaluaciones ó trabajos de investigación para encontrar nuevas alternativas que lleven a un buen control de forma racional bajo el concepto del manejo integrado de plagas (MIP).

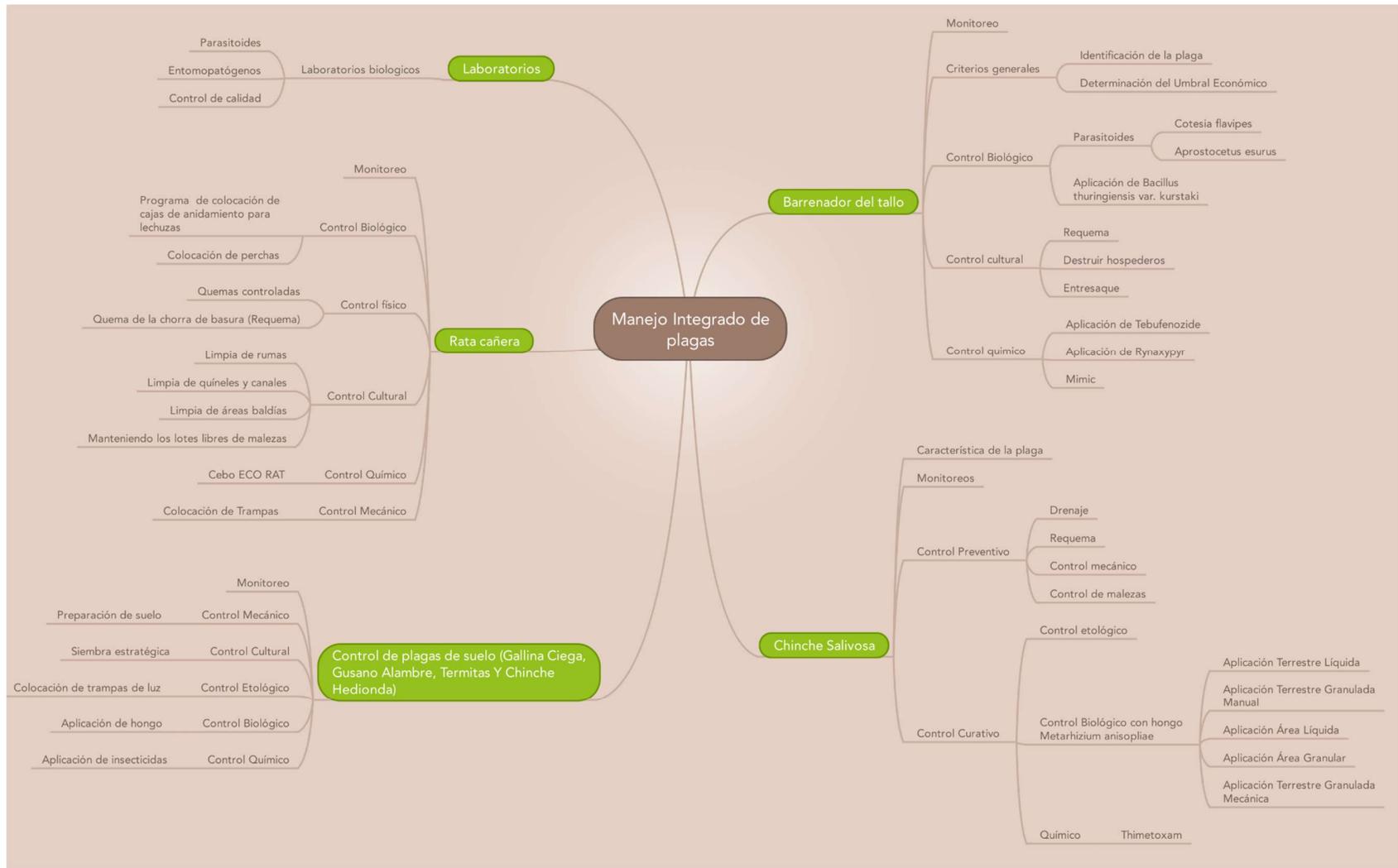


Figura 5. Actividades que se realizan en el área de MIP del Ingenio La Unión.

1.6 Conclusiones

La estructura organizacional del área de MIP del Ingenio La Unión es dirigido por una coordinación, quien se encarga de brindar asesoría e insumos a los encargados de las distintas fincas del Ingenio, bajo el mando del coordinador se encuentran los supervisores de los laboratorios los cuales tienen a su cargo la dirección y organización del personal bajo su cargo, el asistente de control de calidad y finalmente el supervisor de MIP quien vela por el cumplimiento de la labor de los encargados de MIP y los formuladores de rodenticida.

Las actividades de Manejo Integrado de Plagas evitan las pérdidas que puedan ocasionar las distintas plagas, siendo las principales plagas la rata cañera, la chinche salivosa y el barrenador del tallo.

1.7 Recomendaciones

Realizar una búsqueda de alternativas ecológicas para el manejo de la rata cañera, considerando insumos de fácil disposición y disponibilidad en el Ingenio la Unión.

Evaluar las cepas nativas de hongos entomopatógenos sobre ninfas de chinche salivosa, en comparación con cepas comerciales.

1.8 Bibliografía

1. Ingenio La Unión, Guatemala. 2007. Productos – División Agrícola (en línea). Guatemala. Consultado 9 mar. 2015. Disponible en <http://www.launion.com.gt/procesos.html>
2. Motta, VH. 2015. Objetivos y aspectos generales del departamento de plagas y enfermedades (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión.
3. Simmons, C; Tárano T, JM; Pinto Zúñiga, JH. 1959. Clasificación de recono de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado ; Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DEL PARASITISMO DE CEPAS DE *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin y *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson EN NINFAS DE CHINCHE SALIVOSA *Aeneolamia postica* (Walk.), BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN LA FINCA BELÉN, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

2.1 Presentación

El Ingenio La Unión es una empresa agroindustrial dedicada al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) y a la producción de azúcar blanco cristal, blanco estándar y crudo, así como subproductos derivados de la caña y la generación de electricidad. En el caso específico del cultivo de la caña de azúcar, al ser un monocultivo presenta el problema de ser susceptible al ataque de plagas, principalmente del barrenador del tallo (*Diatraea sp.*), la chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) y la rata cañera (*Sigmodon hispidus*).

Para el manejo integrado de estas plagas se recurre a la utilización de productos biológicos (liberación de parasitoides, por ejemplo), prácticas culturales y como última alternativa la aplicación de insecticidas sintéticos, éstos son un riesgo para el establecimiento de los parasitoides, debido a que en el Ingenio La Unión para el manejo de barrenadores se han realizado liberaciones de parasitoides, tales como: *Lixophaga diatraeae*, *Metagonistylum minens* y *Paratheresia claripalpis* y actualmente *Aprostocetus esurus* y *Cotesia flavipes* (Morales, 2008). La aplicación de insecticidas sintéticos también puede afectar la entomofauna benéfica nativa en áreas de vegetación natural en los márgenes del cultivo de caña de azúcar (Gómez y Patterno, 2014).

En el caso de la chinche salivosa *Aeneolamia postica* (Walk.), de acuerdo con estudios presentados por Márquez y López (2006), esta plaga puede reducir la producción de caña en 8.21 T/ha por cada adulto encontrado en un tallo. En el Ingenio La Unión, el paquete de manejo de la chinche salivosa se basa en labores culturales como aporque y rastra sanitaria, control biológico utilizando hongos entomopatógenos, control etológico con trampas adhesivas y aplicaciones de insecticidas químicos. El manejo de la chinche salivosa con hongos patógenos está dirigido hacia el estadio de adulto, aunque de acuerdo con Camo (1999) en el estadio de ninfa la plaga pasa la mayor cantidad de tiempo de su ciclo de vida, 29 de 52 días, tiempo que podría aprovecharse para su monitoreo y control, evitando así que la plaga llegue a su estado adulto, en el cual causa los mayores daños al cultivo, al inyectar toxinas a la planta, provocando que las hojas se sequen, lo que repercute en la

reducción del área fotosintética, y por ende la reducción del rendimiento expresado en toneladas de caña de azúcar por hectárea.

En la búsqueda de una cepa que pueda tener una mayor patogenicidad sobre las ninfas de chinche salivosa se realizó la presente investigación para evaluar las cepas de los hongos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin y *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson provenientes del banco de cepas del laboratorio de hongos del Ingenio La Unión, aplicadas en el estadio de ninfa de la chinche salivosa. En el estudio fue incluida la cepa BISA 01-2000 de *Metarhizium anisopliae* que actualmente se utiliza con fines de controlar el estadio adulto, ya que no se cuenta con una estrategia biológica para el manejo de la chinche salivosa en el estadio ninfal.

El experimento se realizó bajo condiciones semicontroladas, se emplearon macetas con plantas de caña de azúcar para simular las condiciones de campo, en cada maceta se colocaron dos plantas de caña de azúcar, cuando las plantas desarrollaron suficiente raíz se trasladaron las ninfas de Chinche salivosa a las macetas, antes de aplicar las cepas de hongos entomopatógenos se aseguró la presencia de 25 ninfas por maceta los cuales constituyeron una unidad experimental. En el experimento se consideraron 5 cepas de hongos entomopatógenos más un testigo absoluto y se realizó 5 repeticiones para un total de 30 unidades experimentales.

Los resultados obtenidos mostraron que el hongo *Paecilomyces lilacinus* presentó un mayor porcentaje de mortalidad (55.91 %) y parasitismo (35.2 %) sobre las ninfas de chinche salivosa diferenciándose significativamente de las cepas de *Metarhizium anisopliae*, y de *Beauveria bassiana*.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 La chinche salivosa

A. Importancia de la Chinche salivosa

En Guatemala la chinche salivosa está considerado entre las tres principales plagas del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp*). De acuerdo con estadísticas presentadas en el año 2015 por el Comité de Manejo Integrado de Plagas (CAÑAMIP), para el año 2013 fueron afectadas 21,262 ha, sin embargo, en el año 1996 fue cuando se reportó el nivel más alto con 46,000 ha afectadas. En su fase de adulto se alimenta de la savia de la lámina foliar de la planta provocando una fitotoxemia al inocular sustancia oxidantes y aminolíticas, el daño se observa con la aparición de manchas cloróticas, que posteriormente se tornan amarillo-rojizo, y finalmente se necrosa el tejido; en casos severos puede provocar la reducción, de peso, pudrición y hasta la muerte de los tallos. Debido a su daño potencial, esta plaga es considerada como la primera en importancia en nuestro país (Solis y Badilla, s.f.)

Según CAÑAMIP (2015), la mayor temperatura del ambiente en los años denominados “Niño y Neutro” reducen el ciclo de vida de la plaga y origina más generaciones por estación, promoviendo la dispersión en los campos. Esto ha provocado un incrementado en el área afectada.

En campos donde el ataque del insecto es grave se limita el desarrollo de la caña de azúcar y ocurren pérdidas en producción, tanto en tonelaje, como en sacarosa (Gómez, 2007). En Ecuador, por ejemplo, se han registrado pérdidas de hasta 34 %, mientras que en Brasil las pérdidas agrícolas e industriales han llegado al 60 % (Mendonca, 2001). Las ninfas de la chinche salivosa succionan la savia de las raíces y los adultos la savia de las hojas, al tiempo que inyectan una toxina en la planta. En las hojas se produce necrosis, aparecen porciones de manchas alargadas pardo rojizo y los tejidos terminan por secarse (Gómez, 2007).

B. Taxonomía

De acuerdo con Paladini, Ferrari, y Carvalho (2008) la clasificación taxonómica de *Aeneolamia postica* (Walk.) es:

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Familia: Cerropidae

Géneros: *Aeneolamia*

Especie: *Aeneolamia postica* (Walk.).

C. Distribución de la plaga

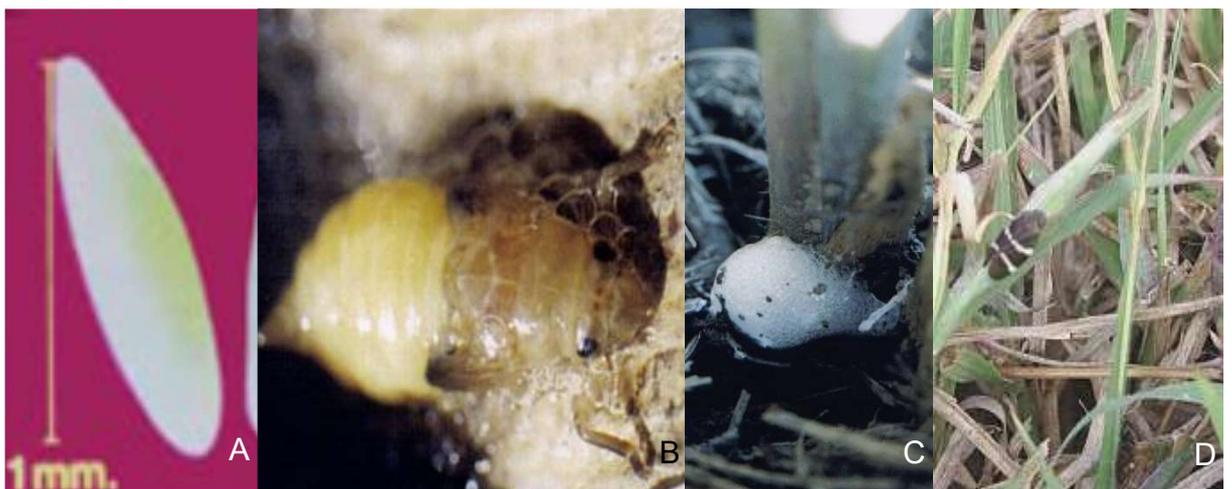
Las especies del género *Aeneolamia* presentan una distribución amplia, encontrándose desde México hasta Argentina, es originaria del Continente Americano existiendo reportes en Brasil, Venezuela, Colombia, Panamá, Trinidad y Tobago, Nicaragua, Honduras, Guatemala, El Salvador y México (Garza y Sánchez, 2007).

D. Descripción de la plaga

La chinche salivosa presenta tres fases de desarrollo conocidas: huevo, ninfa o salivazo y adulto, las cuales se describen a continuación:

- a. Huevo: es de forma ovalada, amarillo crema o blanco amarillento, difícil de observar ya que mide 0.8 mm de largo por 0.3 mm de ancho (figura 6A), en su extremo anterior lleva una parte alargada oscura, por donde emerge la ninfa (Velasco, 1969).

- b. Ninfa: El cuerpo de las ninfas jóvenes es amarillo, cabeza y ojos rojos, al crecer cambian a coloración crema con bandas rojizas; cuando completan su crecimiento miden de 6 a 8 mm, presentan los paquetes alares bien desarrollados (figura 6B) e hileras de espinas en forma de semicírculos en la parte posterior de las tibias (Coronado, 1978). Las ninfas deben su nombre de “salivazo” a la espuma similar a la saliva (figura 6C) que las protege, la cual está formada por exudados del insecto y residuos de los jugos nutritivos que extrae de las plantas de las que se alimenta (Velasco, 1969).
- c. Adulto: Presenta cuerpo robusto, ovalado, por el dorso es pardo o pardo violáceo oscuro, con dos bandas transversales amarillas y por la región ventral color crema (figura 6D). El escutelo es grande, con forma de triángulo equilátero (Morón y Terrón, 1988). El macho mide de 7 a 8 mm de largo, la hembra es un poco más grande pues sus dimensiones son de 8 a 9 mm de longitud por 5 a 6 mm de ancho. Presenta ojos compuestos bien desarrollados, dos ojos simples, tres segmentos antenales con el último segmento muy corto y provisto de dos cerdas, patas oscuras, con una corona de espinas en el extremo posterior de las tibias, tarsos con tres artejos, abdomen con nueve segmentos, seis espiráculos anaranjados (Flores y Abarca, 1961).



Fuente: Garza y Sánchez, 2007.

Figura 6. Fases de desarrollo de *A. postica*. Huevo (A), ninfa (B), salivazo (ninfa) (C) y adulto (D)

E. Ciclo biológico de la chinche salivosa

La hembra deposita los huevos sobre la superficie del suelo o enterrados a unos pocos centímetros, cerca o entre las raíces de los pastos; algunos son ovipositados sobre los estolones o residuos vegetales que están en contacto con el suelo. También puede penetrar en las grietas del suelo y depositarlos a mayor profundidad, siempre con el polo anterior más agudo hacia arriba para facilitar la emergencia de la ninfa (Garza y Sánchez, 2007).

La incubación es afectada por las condiciones ambientales, especialmente por la precipitación. En condiciones de alta humedad relativa el promedio de su duración es de 12 a 18 días. Las hembras tienen la facultad de generar un tipo de huevo en el cual el proceso de incubación se inhibe, entrando en estado de diapausa (quiescencia de desarrollo); de esta manera el desarrollo del huevo puede durar desde unos pocos días hasta casi un año dependiendo de las condiciones ambientales. Esta estrategia evolutiva les permite pasar exitosamente la época de sequía enterrados en el suelo hasta la siguientes lluvias (Evans, 1972).

La ninfa pasa por cinco instares ninfales, la ubicación de estas en la base de las plantas es muy adecuada para su desarrollo ya que existe un microclima de alta humedad y baja temperatura que evita su desecación (Hewitt, 1989). Aquí se alimentan de raíces secundarias y en la base del tallo de la caña o de los pastos. La duración del estado de ninfa también es afectada por las condiciones ambientales, en condiciones de campo, las ninfas se desarrollan en un promedio de 40 días. La espuma que recubre la ninfa se hace más densa poco antes de su transformación en adulto. Durante la última muda, la piel ninfal se quiebra sobre la parte superior de la cabeza y el tórax formando una hendidura por donde emerge el adulto .

Recién emergido el adulto es blanco y permanece unas horas dentro de la masa espumosa hasta adquirir la coloración normal debido a la oxidación de sus pigmentos (Costa, 1942). La longevidad del adulto es de aproximadamente 10 a 15 días y se presentan de 2 a 4 generaciones al año, dependiendo de la región y condiciones ambientales. La cópula puede

ocurrir durante el primer día de emergencia, aunque generalmente se realiza después del segundo y tercer día. Después de un período de preoviposición, que varía entre 12 horas a varios días, las hembras inician la postura, depositando entre 40 y 100 huevos en un lapso de 4 a 10 días, los períodos lluviosos favorecen la oviposición. El ciclo biológico dura aproximadamente de 35 a 55 días (Flores y Ramírez, 1965).

F. Factores que intervienen en el apareamiento de la plaga

Los componentes más sobresalientes del sistema corresponden aquellos con los cuales la chinche salivosa tiene una relación directa como lo son las altas precipitaciones, altas temperaturas y no controlar maleza son los componentes del sistema que más influyen para que la chinche salivosa se presente (García, López, Nava, Villanueva, y Vera, 2006).

El inicio de la temporada de lluvias es el evento que marca la pauta para que los huevecillos diapáusicos eclosionen y así dar origen al estado ninfal de la mosca pinta. Independientemente de la condición hídrica de la región cañera que se trate, ya sea de riego o de temporal, la temporada de lluvias es fundamental para que se presente la chinche salivosa (Enríquez, Meléndez, y Bolaños, 2002).

Flores (1994) señala a la temperatura como el segundo componente que favorece la presencia de la chinche salivosa e indican que su presencia coincide con las más altas temperaturas del año. La importancia de este componente es debida a su relación directa con el desarrollo y crecimiento embriológico del huevecillo, la ninfa y el estado adulto, ya que la chinche salivosa es un organismo poiquilotérmico.

La humedad relativa en el aire como otro componente importante que afecta la presencia de la chinche salivosa, ya que ésta se relaciona positivamente con las más altas poblaciones de la chinche salivosa (García et al., 2006).

Las gramíneas silvestres son las hospederas naturales de la chinche salivosa, las principales especies reportadas como sus hospederas son: *Digitaria decumbens* Stent,

Echinochloa polystachia H.B.K. Hitch, *Sorghum halepense* L. Pers, *Pennisetum purpureum* Schum, *Panicum maximum* Jacq, *Brachiaria decumbens* Stapf, y otros como *Cynodon plectostachyum* Pilger y *Axonopus* sp. (Enríquez et al., 2002).

Las áreas de cultivo de la caña de azúcar originalmente eran potreros naturales, mismos que se transformaron al uso agrícola, por lo cual se observan gramíneas en estas áreas (García, 1984). Para el caso de Guatemala el principal hospedero es *Rottboelia cochinchinensis* (Comparini, 2006).

Los huevos diapáusico son el estado biológico de la chinche salivosa que le permite presentarse de un año a otro, ya que mediante su hibernación o diapausa asegura su supervivencia hasta que se den las condiciones apropiadas para eclosionar. Flores (1994) indica que los huevecillos diapáusicos se encuentran con mayor frecuencia en las resocas. En éstas, el suelo inmediato a la cepa no es removido, lo que proporciona condiciones propicias a los huevecillos; en las parcelas infestadas, de un año a otro las poblaciones aumentan, caso contrario ocurre en socas y plantilla. Asimismo, este autor indica que los huevecillos sobreviven mejor en suelos arcillosos (García et al., 2006).

El suelo sirve a los huevecillos de sustrato, tanto en su forma normal como diapáusica. En suelos de textura arcillosa y ligeramente ácidos prospera mejor la mosca pinta, ya que retiene mayores cantidades de humedad (Flores, 1994).

Los vientos representan potencialmente la forma de dispersión del estado adulto. Debido a que el área cañera es "compacta", este componente del sistema debe ser considerado. Sin embargo, el efecto de este factor parece ser reducido, pues Utrera, López, Valdés, Bravo, y Vera (2004) mencionan que la dispersión de los adultos es limitada en este cultivo, ya que se desplazan distancias cortas, entre 1 y 5 m, y que el viento no afecta significativamente el desplazamiento de esta plaga.

Los enemigos naturales de huevecillos y ninfas de la chinche salivosa reportados son miembros de las familias Reduviidae (*Sinea* sp.) y Syrphidae (*Salpingogaster*

nigra Schiner), y el nematodo de la familia Mermithidae (*Hexamermis* sp.). Medina, Lapointe, y Chacón (1993), reportan a hormigas depredadores generalistas alimentándose de huevecillos y ninfas de primer estadio de *Aeneolamia* sp.

El manejo agronómico son prácticas dirigidas a incrementar el desarrollo del cultivo, y relacionadas con el control de la chinche salivosa, como la preparación del suelo, siembra o resiembra, fertilización, riego, quema y requema, destronque de las cepas, eliminación de residuos de la cosecha, control de maleza, plagas y enfermedades (García et al., 2006).

2.2.1.2 Control biológico de plagas

El control biológico es la utilización racional de los organismos parásitos, depredadores y patógenos enemigos naturales de las plagas a fin de mantenerlos a niveles de población inferiores al nivel de daño económico (Gómez, 2006).

De manera general los hongos entomopatógenos desarrollan las siguientes fases sobre su hospedante: germinación, formación de apresorios, formación de estructuras de penetración, colonización y reproducción. El proceso se inicia cuando el conidio se adhiere a la cutícula del insecto, luego desarrolla un tubo germinativo y un apresorio, con éste se fija en la cutícula y con el tubo germinativo o haustorio (hifa de penetración) se da la penetración al interior del cuerpo del insecto (Castillo, 2006)

Los hongos entomopatógenos tienen la capacidad de sintetizar toxinas que son utilizadas en el ciclo de la relación patógeno-hospedante. Entre estas toxinas se han encontrado destruxinas, demetildextruxina y protodextruxina, las cuales son sustancias de baja toxicidad, pero de mucha actividad tóxica sobre insectos, ácaros y nematodos (Sandino, 2003). Las destruxinas afectan varios organelos tales como mitocondria, retículo endoplásmico y membrana nuclear, paralizando las células y causando disfunción del intestino, túbulos de Malpighi, hemocitos y tejido muscular. La esporulación ocurre en 2 a 3 días, dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente Batista (1998).

La infección por el entomopatógeno puede ser afectada principalmente por la baja humedad relativa y por la falta de habilidad para utilizar los nutrientes disponibles sobre la superficie de la cutícula o por la falta de factores necesarios para el reconocimiento de un hospedero susceptible o sitio de infección penetrable. El reconocimiento de un hospedero susceptible involucra signos químicos y topográficos. También puede fracasar la invasión del hongo por la presencia de compuestos inhibitorios tales como fenoles, quinonas y lípidos en la superficie de la cutícula (Hajek y Leger, 1994).

Se han registrado aproximadamente 40 géneros de hongos entomopatógenos. Sin embargo, solo unos pocos se han investigado intensivamente con el fin de usarlos en programas de control microbial (Batista, 1998).

A. *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin

De acuerdo con Driver, Milner, y Trueman (2000) la clasificación taxonómica de *Metarhizium anisopliae* es:

Reino: Fungi

Subreino: Dikarya

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Clavicipitaceae

Género: *Metarhizium*

Especie: *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin.

Este hongo entomopatógeno causante de la muscardina verde es de distribución mundial. Fue señalado por primera vez en 1879 por Metschnikof. En el mismo año Sorokin instituyó el género *Metarhizium*. Presenta un rango amplio de hospederos, algunos de gran importancia económica, principalmente insectos de los órdenes Orthóptera, Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Lepidoptera, Hymenóptera (Bernal y Zambrano, 1984).

Hart fue el primer investigador que encontró *M. anisopliae* parasitando chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) (Bernal y Zambrano, 1984).

El hongo *M. anisopliae* pertenece a los hongos mitospóricos, que es un grupo de hongos que únicamente presentan fase asexual y por lo mismo no se les puede dar una clasificación sistemática (Batista, 1998).

Metarhizium anisopliae se caracteriza por sus esporas de 5 a 7.5 micras de largo por 2.3 a 3.7 micras de ancho. Las conidias maduras son típicamente uninucleadas verdes, usualmente se forma un sólo tubo germinativo en el área polar. El micelio es hialino y los conidióforos sencillos o ramificados. Este hongo crece bien en medios artificiales, orgánicos e inorgánicos (Bernal y Zambrano, 1984).

Metarhizium anisopliae se encuentra en forma saprofitica en el suelo y como parásito en insectos. La luz es importante (fase oscura y lumínica). Se dan contradicciones acerca de si la humedad relativa es indispensable para producir la infección. La capa externa del integumento del insecto facilita la germinación de los conidios. La capacidad de parasitar depende de la concentración del inóculo, de la viabilidad de los conidios, de la conservación del inóculo, del hospedero y su estado fisiológico (Bernal y Zambrano, 1984).

En Brasil en 1969, fueron encontradas ninfas y adultos de *Mahanarva posticata* parasitadas por *M. anisopliae* el cuál fue posteriormente aislado. Empleando técnicas apropiadas y usando como medio de cultivo arroz cocido, fue posible producir una mayor cantidad del hongo, proporcionando una primera aplicación en cañales de productores de azúcar, en cabo, estado de Pernambuco (Rodríguez y Paker, 1987).

El hongo *M. anisopliae* posee una serie de atributos que lo hace un candidato ideal para usarlo en el combate microbial de insectos plaga. La patogenicidad para una gran variedad de insectos, el almacenaje por largos períodos, la buena viabilidad en el suelo y la facilidad

de producirlo en sustratos simples, ha despertado gran interés en este hongo (Batista, 1998).

Metarhizium anisopliae tiene un mecanismo de acción físico y uno químico, el primero consiste en la presión ejercida por la estructura de penetración, la cual rompe las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula (Hajek y Leger, 1994).

El mecanismo químico consiste en la acción enzimática, principalmente proteasas, lipasas y quitinasas, las cuales causan descomposición del tejido en la zona de penetración, lo que facilita el ingreso del hongo. Después de la penetración, la hifa se ensancha y ramifica dentro del tejido del insecto, colonizando completamente la cavidad del cuerpo del insecto, esto sucede en 3 o 4 días después de la inoculación. A partir de la colonización se forman pequeñas colonias y estructuras del hongo, lo que corresponde a la fase final de la enfermedad del insecto, ocurre 4 o 5 días después de la inoculación (Hajek y Leger, 1994). Los conidios de *Metarhizium anisopliae* germinan aproximadamente a las 12 h post-inoculación (contacto del conidio y la cutícula del insecto) y la formación de apresorios se presenta de 12 a 18 h post-inoculación (Vicentini y Magalhaes, 1996). Otra forma mediante la cual el hongo puede causar la muerte del insecto, es mediante la producción de toxinas (Batista, 1998).

B. *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin

De acuerdo con Koloniuk, Hrabáková, y Petrzik (2015) la clasificación taxonómica de *Beauveria bassiana* es:

Reino: Fungi

Subreino: Dikarya

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordycipitaceae

Género: *Beauveria*

Especie: *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin.

Beauveria bassiana (Bals.) Vuillemin es el hongo de mayor uso en el manejo de plagas, fue descubierto en 1835 por el entomólogo y botánico italiano Agostino Bassi. En 1980, se registró comercialmente en Kansas (EUA), contra *Blissus leucopterus*. Inicialmente fue ubicado en el grupo Deuteromycetes, orden Moniliales, Familia Moniliaceae. Actualmente están ubicados en la familia Cordycipitaceae (Koloniuk et al., 2015). Tiene conidióforos agrupados en forma de piña formando synemas; conidias lisas e hialinas blanco cremoso. Es posible encontrarlo en el suelo y las plantas y se ha reportado su efecto sobre más de 200 insectos, incluyendo grandes plagas agrícolas.

Este hongo posee gran virulencia y patogenicidad, además de una amplia gama de control. Es muy usado en el manejo de Coleópteros, los insectos muertos por su acción, muestran una cubierta algodonosa conformada por el micelio y esporas del hongo. Es usado en numerosos países para diferentes plagas como la Broca del Café (*Hipotenemus hampei* Ferrari), Picudos de plátano y algodón, chinches, *Plutella*, escarabajos, áfidos, trips, termitas y una amplia gama de insectos más (Koloniuk et al., 2015).

Beauveria bassiana penetra vía tegumento, el hongo germina entre las 12 y 18 h después del contacto con la cutícula, el tiempo varía dependiendo de la presencia de nutrientes, como la glucosa, quitina y nitrógeno, la penetración tegumental ocurre debido a una acción mecánica y química que lleva cerca de 12 h, transcurridos 72 h de la inoculación, el insecto se encuentra totalmente colonizado (Batista, 1998).

C. *Purpureocillium lilacinum* (Genus)

Paecilomyces lilacinus es un sinónimo al igual que *Penicillium lilacilum* (Buller, 2014), es un hyphomycete conocido por provocar la enfermedad conocida como debilitamiento de la tilapia (*Tilapia aurea*). *P. lilacinus* también es un hongo entomopatógeno que han recibido gran atención por su alto potencial en el uso de programas de control biológico. Ha sido

desarrollado para su uso comercial en contra de un alto rango de plagas de la agricultura, en donde se incluye la mosquita blanca, *Bemisia tabaco* (Batista, 1998).

P. lilacinus es aislada típicamente de suelo, particularmente de muestras extraídas de regiones templadas (Domsch, Gams, y Anderson, 1980). El desarrollo de las especies análisis de *Paecilomyces* spp. como biopesticida requiere de un monitoreo ambiental apropiado y profundo de la dinámica poblacional en experimentos. Esto es requerido para cálculos eficaces y propósitos regulatorios. Como el monitoreo es complicado por la dificultad en la identificación de este hongo, se utilizan métodos convencionales como características morfológicas, pruebas de virulencia y características bioquímicas (Samson, 1974).

Recientemente, se han aplicado marcadores moleculares a la taxonomía de *P. fumosoroseus* y *P. lilacinus* (Tigano et al., 1995). Los referidos análisis demuestran la variabilidad genética entre estas cepas, y en el caso de *P. fumosoroseus*, para dividir las especies dentro de un número de grupo fenético (Silva, 2010).

Paecilomyces lilacinus normalmente penetra vía tegumento, usando la presión física proporcionada por el apresorio (Batista, 1998).

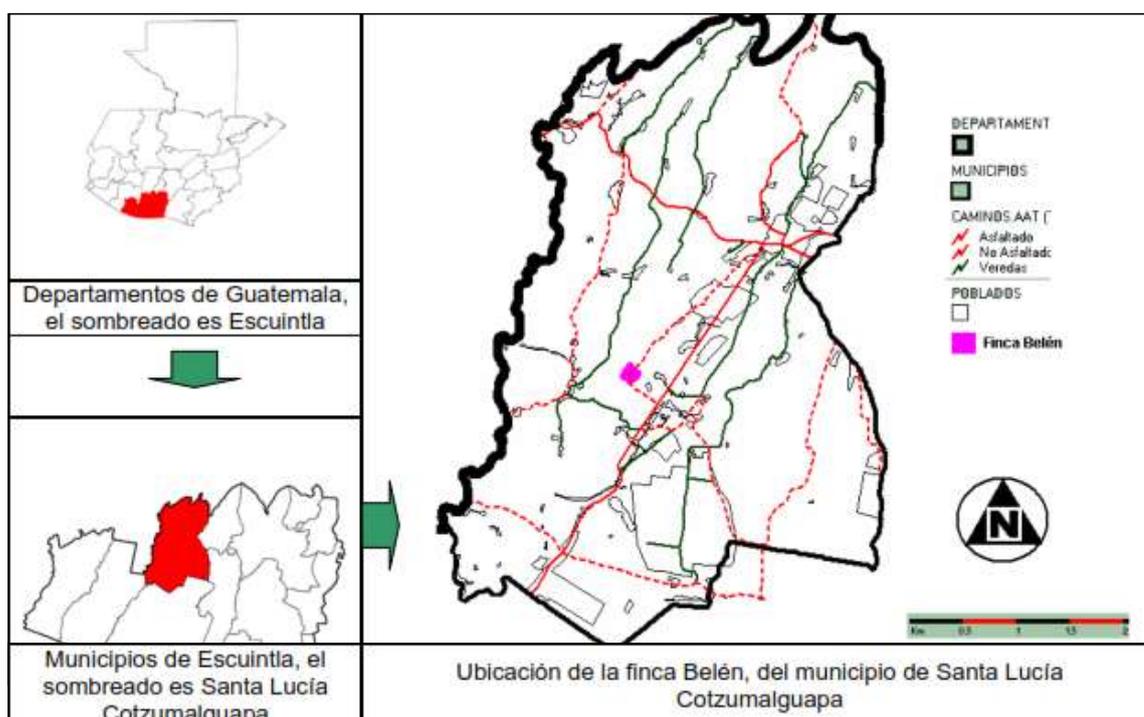
2.2.2 Marco referencial

2.2.2.1 Ubicación

El experimento se realizó en la finca Belén localizada en el kilómetro 95 de la carretera que conduce a Cerro Colorado, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Ubicada entre las coordenadas 14° 16' 18" Latitud Norte y 91° 05' 47" Longitud Oeste. La altura es de 180 m s.n.m. con una precipitación promedio anual de 3,500 a 4,000 mm anuales y temperatura media anual de 28 °C (Comparini, 2006).

A. Extensiones, límites y colindancias

La finca Belén limita al Norte con finca Santa Isabel, al Sur con las fincas Venecia González, Tesalia y con la aldea el Horizonte, al Este con finca Camantulul y al Oeste con las fincas Santa Isabel, San Juan y San Ignacio (figura 7). Su extensión territorial es de 442.35 hectáreas cultivadas.



Fuente: Comparini, 2006.

Figura 7. Mapa de ubicación del Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa

2.2.2.2 Variedad de caña de azúcar empleado en el estudio

Una de las variedades de caña de azúcar más importantes en el Ingenio La Unión es la CP 73-1547, debido a que es el material genético que ocupa mayor extensión del área bajo administración, razón por la cual se utilizaron plantas de esta variedad para la presente investigación.

A. Características morfológicas de la variedad CP-73-1547

La CP 73-1547 es una variedad con deshoje natural regular, su hábito de crecimiento es de tallos semiabierto, posee una regular cantidad de follaje y cogollo largo; el entrenudo es verde amarillento con manchas negras y ceroso, su forma de crecimiento es ligeramente curvado en zigzag, tiene una cicatriz foliar ligeramente abultada; su nudo es de forma de crecimiento cilíndrico, su yema es aproximadamente redonda protuberante con alas, su anillo de crecimiento es semiliso; su vaina es de crecimiento intermedio de coloración verde con manchas rojizas, borde seco unido longitudinalmente con presencia de afate intermedio; la lámina foliar posee hojas anchas verdes oscuras; la aurícula posee una forma lanceolada larga y corta en un lado y en el otro transicional inclinada y la lígula es deltoide con rombo; el cuello es verde oscuro, su superficie es lisa (Schueneman, Miller, y Harrison, 2001).

Esta variedad se adecua para el estrato medio y bajo de la región cañera guatemalteca, posee un porcentaje de floración del 38 por ciento para el estrato medio y un 28 por ciento para el estrato bajo, su contenido de corcho es de 24 por ciento para el estrato medio y 22 por ciento para el estrato bajo, su contenido de fibra es de 12.5 por ciento, posee una incidencia baja a escaldadura y carbón (Comparini, 2006).

A continuación, se presentan las características y requerimientos de la variedad CP 73-1547 (Schueneman et al., 2001).

- a. Preferencia del suelo: arenoso
- b. Contenido de azúcar: medio
- c. Tonelaje: alto
- d. Cierre: rápido
- e. Capacidad de macollamiento: medio
- f. Tamaño del tallo: grande
- g. Precocidad: media-tardía
- h. Cosechabilidad: moderado
- i. Tolerancia al frío: pobre
- j. Tolerancia a las heladas: pobre y medio

2.2.2.3 Algunos estudios realizados sobre *Metarhizium anisopliae* para el control de Chinche salivosa (*Aeneolamia sp.* y *Prosapia sp.*).

Gómez (2006) evaluó cuatro concentraciones de *Metarhizium anisopliae* en condiciones semicontroladas y concluyó que la concentración de conidios/ha que presentó un mayor número de chinches muertas por día fue 5.00×10^{12} , presentando un tiempo letal medio en el quinto día de esporulación. En comparación con la concentración de 2.5×10^{12} conidios/ha que indicó un mayor tiempo en esporulación del hongo, sobre adultos de chinche salivosa (*Aeneolamia sp.* y *Prosapia sp.*) y concluyó que desde el punto de vista económico, el uso de la concentración 5.00×10^{12} conidios/ha, en infestaciones mayores a 0.7 individuos por tallo de chinche salivosa (*Aeneolamia sp.* y *Prosapia sp.*), el uso de la concentración 3.5×10^{12} conidios/ha cuando los niveles de población de la chinche salivosa (*Aeneolamia sp.* y *Prosapia sp.*) sean menores a 0.5 individuos/ha, para un mejor control biológico.

Gómez, Montepeque, y Martínez (1995) por otra parte, realizaron la investigación titulada "Evaluación del efecto del hongo *Metarhizium* aplicado en caña comercial para el control de la chinche salivosa", evaluando el efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* aplicado una concentración de 1.43×10^{12} conidios/ha en cañal comercial para el control de la chinche salivosa", en aproximadamente a 600 ha. Según resultados de monitoreo el hongo tuvo efecto de 30 hasta 60 días después de su aplicación, reduciendo las poblaciones de adulto y ninfa en 0.08 y 0.36 individuos por tallo respectivamente.

En otro ensayo reportado por Melgar (1996), realizado en la finca "Agua Blanca" ubicada en La Gomera, Escuintla, fueron evaluadas 5 cantidades de conidios de *Metarhizium anisopliae*, para el control de la chinche salivosa, siendo las siguientes: 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 kg/ha del producto y un testigo absoluto, aplicados en un cañal con la variedad CP-722086. El autor logró determinar que la concentración de conidios que produjo mayor cantidad de ninfas y adultos de chinche salivosa muertos, fue la de 1.4 kg/ha, seguido de 1.2 kg/ha (Gómez, 2006).

Azañón (1996) realizó la investigación “ Evaluación de nueve cepas de *Metarhizium sp.* en el control de cuatro plagas insectiles de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* a nivel de laboratorio” con el objetivo de evaluar alternativas de aplicación a la cepa PL-43, evaluando cepas nativas de *Metarhizium*, siendo estas CG-93-10, CG 93-8 y CG-93-3, las cepas de mayor resistencia al efecto causado por la luz ultravioleta fueron PL-43 (testigo comercial), CG 93-10 y CG 93-3, con 81.72 %, 80.62 % y 71.41 % de germinación respectivamente, después de 360 segundos de exposición. Las cepas mostraron virulencia variable en las diferentes plagas estudiadas. Para chinche salivosa el rango de mortalidad varió entre 11.11 y 35 % con una media de 22.35 %.

Alemán (1997), evaluó nueve cepas del hongo *Metarhizium* bajo condiciones controladas en comparación con la PL-43. Las variables evaluadas fueron la capacidad de producción de conidios, la capacidad de permanecer viables bajo condiciones de almacenamiento, la resistencia a luz ultravioleta y la compatibilidad con agentes agroquímicos (surfactantes e insecticidas). Los resultados mostraron que las cepas CG 94-4, CG 9-1St, CG 95-2St y CG 94-2 presentaron mayor producción de conidios, siendo las cepas CG 95-2St y CG 95-1St las que soportaron de mejor manera las condiciones de almacenamiento. En cuanto a la compatibilidad del hongo se encontró que los conidios son compatibles con los surfactantes evaluados (Extravon, Carrier, ACT-92 y Tween-20) no importando la concentración utilizada. Además, se determinó que los conidios son compatibles con los insecticidas Thiocyclam, Propoxur y Parbaryl.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Evaluar el parasitismo de cepas de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin y *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson en ninfas de chinche salivosa *Aeneolamia postica* (Walk.), bajo condiciones semicontroladas en la finca Belén, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A.

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar el porcentaje de mortalidad en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de diferentes especies de hongos entomopatógenos.
2. Evaluar el porcentaje de parasitismo en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de diferentes especies de hongos entomopatógenos.

2.4 Hipótesis

Las cepas de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* tendrán un efecto diferenciado respecto al parasitismo y mortalidad de ninfas de chinche salivosa.

2.5 Metodología

2.5.1 Factor de estudio

El factor estudiado fue la aplicación de diferentes especies de hongos entomopatógenos en ninfas de Chinche salivosa.

2.5.2 Tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron las cepas de los hongos entomopatógenos que se describen en el cuadro 1. Las cepas utilizadas fueron aisladas y/o revigorizadas en ninfas de chinche salivosa, a excepción de la cepa BISA 01-2000 del hongo *Metarhizium anisopliae*, el cual fue utilizado como un testigo relativo, debido a que es el hongo que se produce en el Ingenio La Unión con el fin de controlar los insectos adultos de chinche salivosa.

Cuadro 1. Concentración de conidios empleados de las cepas y especies utilizados de hongos entomopatógenos.

No.	Especie y cepa	Concentración de conidios
1	<i>Beauveria bassiana</i> Bisa 0114	5.00x10 ¹³ Conidios/ha (2.50x10 ⁸ conidios/mL)
2	<i>Metarhizium anisopliae</i> ILU 0114	5.00x10 ¹³ Conidios/ha (2.50x10 ⁸ conidios/mL)
3	<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 01-2000	5.00x10 ¹³ Conidios/ha (2.50x10 ⁸ conidios/mL)
4	<i>Metarhizium anisopliae</i> Bisa 0214	5.00x10 ¹³ Conidios/ha (2.50x10 ⁸ conidios/mL)
5	<i>Paecilomyces lilacinus</i> BISA 0113	5.00x10 ¹³ Conidios/ha (2.50x10 ⁸ conidios/mL)
6	Testigo (Agua estéril más Tween)	

2.5.3 Variables de respuesta

2.5.3.1 Porcentaje de mortalidad de ninfas por el efecto de las cepas de hongos entomopatógenos evaluados.

Un día después de aplicado los tratamientos se inició la colecta de ninfas muertas en cada unidad experimental, para determinar el porcentaje de mortalidad se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de mortalidad} = \frac{\text{cantidad de ninfas muertas}}{\text{total de ninfas}} \times 100$$

Se tomó registro durante 14 días para cada unidad experimental, periodo de crecimiento de las ninfas en su instar II a adultas, en el caso de no ser infectadas por los hongos entomopatógenos.

En los bioensayos de mortalidad, antes de realizar los análisis estadísticos, se debe ajustar los valores (datos) según la fórmula de Abbott corregida (Carreras , Rodríguez, y Piedra, 2009).

$$\text{Porcentaje de mortalidad corregida} = \frac{\% \text{ mt} - \% \text{ mta}}{100 - \% \text{ mta}}$$

Siendo:

% mt = es el porcentaje de mortalidad en el tratamiento

% mta = es el porcentaje de mortalidad en el tratamiento testigo

2.5.3.2 El porcentaje de parasitismo de las cepas de hongos entomopatógenos evaluados

El porcentaje de parasitismo es el porcentaje de mortalidad confirmada por cada una de las cepas de hongos entomopatógenos, para lo cual se tomó el dato de las ninfas que esporularon el hongo inoculado al ser colocadas individualmente en cámaras húmedas, para obtener el dato se empleó la ecuación:

$$\text{Porcentaje parasitismo} = \frac{\text{cantidad de ninfas con hongo esporulado}}{\text{total de ninfas}} \times 100$$

2.5.4 Unidad experimental

Cada unidad experimental constó de 25 ninfas que fueron colocadas en una maceta de 0.01 m³ con dos plantas de caña de azúcar a manera de simular las condiciones de campo como se puede observar en la figura 8. El suelo empleado fue de textura franco arenoso, para favorecer un buen desarrollo radicular de las plantas. La distribución espacial de los tratamientos y repeticiones después de la aleatorización se presenta en la figura 9.



Figura 8. Representación de una unidad experimental (maceta con 25 ninfas)

T1 R3	T3 R1	T5 R1	T5 R3	T2 R2	Norte  Oficinas de la Finca Belén
T4 R2	T4 R3	T6 R5	T1 R5	T4 R5	
T3 R2	T4 R4	T6 R3	T1 R4	T2 R5	
T6 R4	T3 R3	T2 R3	T2 R1	T6 R1	
T1 R1	T5 R4	T4 R1	T2 R4	T5 R5	
T5 R2	T3 R4	T3 R5	T6 R2	T1 R2	

Figura 9. Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones en el área experimental.

2.5.5 Manejo del experimento

2.5.5.1 Preparación de macetas

Las macetas (cubetas) utilizadas fueron de un volumen de 0.01 m³ estas fueron lavadas y perforadas en la parte inferior para permitir el drenaje del agua al momento de efectuarse el riego (figura 10).



Figura 10. Preparación de las macetas utilizadas para contener a las unidades experimentales. A: macetas utilizadas previo a ser lavadas, B: Perforación de macetas.

Se utilizó la tapadera de la maceta para evitar la entrada de luz, debido a que la obscuridad es una condición necesaria para la sobrevivencia de las ninfas, se perforó un orificio de 0.07

m de diámetro en el centro de las tapaderas de las macetas para permitir que los culmos de las plantas salieran al crecer.

2.5.5.2 Preparación de las plantas

El proceso inició con la preparación del suelo, el criterio para la elección del suelo a utilizar fue la textura, eligiendo la textura franco arenoso, debido a que según Badilla (2015) la textura franco arenosa provee las condiciones idóneas para que las plantas tengan un buen desarrollo radicular y por ende proveer a las ninfas de chinche salivosa la condición necesaria para su supervivencia. El suelo utilizado fue solarizado durante ocho días, se colocó una capa de suelo de aproximadamente 10 mm sobre cajas plásticas, los cuales se movieron dos veces al día para una adecuada solarización, se registró la temperatura, determinando que a las 12:00 h se alcanzó una temperatura máxima de 45 °C, el proceso descrito anteriormente se presenta en la figura 11.



Figura 11. Colecta y solarización del suelo empleado como sustrato. A y B: colecta de suelo, C y D: solarización del suelo, E: medición de temperatura.

La semilla vegetativa utilizada fue tratada de acuerdo al protocolo de tratamiento de yemas del Ingenio La Unión, el cual consistió en sumergir las yemas durante 10 minutos en agua a 51 °C y se deja reposar durante 6 h, luego nuevamente se sumergen las yemas por una hora en agua a 51 °C y se deja reposar durante una hora, después las yemas se sumergen por tres minutos en una solución de Regent 20 SC (insecticida a base de Fipronil) a una

dosis de 2 cm³/gal y finalmente se sumerjan nuevamente en una solución de Vitavax (fungicida a base de Carboxin más Thiram) a una dosis de 20 cm³/gal.

La siembra se inició con el llenado de las cubetas plásticas hasta llevar a tres cuartas partes de su capacidad (6 kg de suelo), posteriormente se sembraron cuatro secciones de semilla con una yema cada uno de la variedad CP-731547, como se observa en la figura 12.



Figura 12. Siembra de las plantas de caña de azúcar. A: semillas seleccionadas después de su respectivo tratamiento, B: Llenado de macetas con el suelo previamente solarizado, C y D: Colocación de semillas en el suelo.

2.5.5.3 Manejo agronómico

A. Riego

Se realizó tres veces por semana, aplicando el mismo volumen de agua para cada unidad experimental, 500 mL en los primeros dos meses, posteriormente se aplicó 1,000 mL por maceta.

B. Desmalezado

Se realizó con el apareamiento de plantas que competían con las plantas de caña sembradas (figura 13), realizando un total de 3 desmalezados.



Fuente: elaboración propia, 2015

Figura 13. Desmalezado de macetas. A: planta recién emergida, B: disposición de las plantas en la fase de preparación y C: eliminación de malezas en las macetas.

C. Fertilización

Se aplicó el equivalente a 40 kg/ha de fósforo con 10-50-0 (fosfato monoamónico) y 150 kg/ha de nitrógeno con urea y fosfato monoamónico, de acuerdo con el programa de fertilización del Ingenio La Unión (figura 14). El cálculo de la cantidad de fertilizante por maceta se realizó en función de la cantidad de tallos por maceta y la cantidad de tallos promedio por hectárea de la variedad de caña utilizada para la investigación.



Figura 14. Fertilización de las plantas. A y B: bolsas conteniendo la cantidad correspondiente a cada planta de fosfato monoamónico, C: aplicación de los fertilizantes, D: Plantas después de aplicar los fertilizantes.

A cada maceta se le colocó una sección de trampa adhesiva verde, para evitar que las hormigas y zompopos ingresaran y se devoraran a las ninfas de chinche salivosa, por lo que se tuvo un especial cuidado sobre este aspecto, cambiando tres veces el adhesivo para una constante protección.

2.5.5.4 Aplicación de tratamientos

A. Preparación de macetas

Cuando las plantas colocadas en las macetas alcanzaron una edad de aproximadamente 5 meses, estas ya tenían la cantidad suficiente de raíces para iniciar la investigación. Antes de utilizar estas macetas se procedió a descubrir las raíces más próximas a la superficie para brindarle a las ninfas de chinche salivosa el ambiente y el alimento necesario para su supervivencia, para descubrir estas raíces se utilizó agua a presión como se muestra en la figura 15, después de descubrir las raíces se procedió a colocar las tapaderas y a colocar papel periódico a manera de sellar el orificio de la tapadera para evitar la entrada de hormigas, la pérdida de humedad y evitar la entrada de luz en las macetas.



Figura 15. Preparación de las macetas previo a colocar las ninfas de chinche salivosa. A y B: exposición de las raíces de las plantas de caña de azúcar, C: raíces expuestas de las plantas de caña de azúcar.

B. Colecta de las ninfas de chinche salivosa

Las ninfas utilizadas para la investigación fueron colectadas y colocadas en las macetas tres días antes de la aplicación de los tratamientos, colocando 30 ninfas en cada maceta, esto para descartar las ninfas estresadas o heridas dejando un periodo de adaptación o de cuarentena de dos días, posteriormente al tercer día, antes de aplicar los tratamientos se revisaron las macetas y se dejaron todas las macetas con 25 ninfas, extrayendo las ninfas muertas.

Al momento de la colecta de las ninfas en el campo se tuvo cuidado en la manipulación para evitar eliminar la saliva de las ninfas, así como el traslado de las mismas se realizó con suma precaución debido a que son muy sensibles a la luz y a cambios bruscos de temperatura y humedad, para lograr esto al momento de colectar las ninfas se evitó tocar directamente, para ello se cortó las raíces adventicias donde se estaban alimentado como se muestra en la figura 16. Las ninfas fueron colectadas del lote 4.01 de la finca Tehuantepec.



Figura 16. Colecta de ninfas de chinche salivosa.

Inmediatamente después de regresar del campo de colectar las ninfas de chinche salivosa, se procedió a trasladar las ninfas de los recipientes a las macetas, teniendo el cuidado de no eliminar la saliva protectora de cada ninfa, por lo que se tomaron las raíces adventicias cortadas del campo y se colocaron dentro de las macetas, logrando así que las ninfas se trasladaran por su propia cuenta a las raíces de las plantas de las macetas, evitando así la manipulación que causa una alta mortalidad.

Las ninfas colocadas en las macetas fueron del instar II e instar III esto, por ello es que se tomó el dato de mortalidad de las ninfas hasta los 14 días, que sería el tiempo en que las ninfas de instar II se conviertan a adultas asegurando brindarles a los hongos entomopatógenos el tiempo suficiente para realizar el proceso de infección de las ninfas.

Después de colocar las ninfas en las macetas se procedió a colocar la tapadera de cada una de las macetas y se cubrió los espacios libres con papel periódico previamente esterilizado y humedecido con agua estéril, para evitar la pérdida de humedad y la entrada de luz a las macetas, como se observa en la figura 17.



Figura 17. Macetas después del traslado de las ninfas de chinche salivosa, previo a la aplicación de tratamientos.

C. Acondicionamiento de las macetas

Se colocó una malla de polipropileno (sarán) en el área donde se estableció el ensayo, para evitar temperaturas altas al medio día, con esto se logró bajar la temperatura promedio de las macetas al medio día de 45 a 35 °C, la cual se asemeja a la temperatura promedio de un cañal de la misma edad, condición fundamental para la supervivencia de las ninfas de chinche salivosa.

D. Preparación de bombas

Para la aplicación de los tratamientos se utilizaron 6 bomba motorizadas Maruyama, empleando una para cada tratamiento para evitar la contaminación, las bombas fueron calibradas a una misma descarga para homogenizar la aplicación de la suspensión de las cepas de hongos entomopatógenos, se revisó el estado de las boquillas evaluando el tamaño de las gotas utilizando papel hidrosensible para asegurar que las aplicaciones fueran homogéneas (figura 18).



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 18. Comprobación del estado de las boquillas utilizadas para la aplicación de las suspensiones de hongos entomopatógenos

E. Preparación de las suspensiones de las cepas de hongos entomopatógenos evaluados.

Previo a la preparación de la suspensión de cada cepa empleada fue necesario determinar la cantidad de conidios en el sustrato donde se produce, así mismo la viabilidad de los conidios.

Para calcular la cantidad de sustrato de cada cepa empleada para preparar 5 L de suspensión y cumplir con la concentración de 5×10^{13} conidios/ha, se tomó en cuenta el volumen de agua que se emplea en una aplicación terrestre con bombas Maruyama el cual es de 200 L/ha, la viabilidad y la cantidad de conidios por gramo de sustrato inoculado de cada cepa de hongo.

$$\frac{\text{gramos de sustrato inoculado}}{1 \text{ L de agua}} = \frac{1 \text{ g de sustrato inoculado}}{\text{cantidad de conidios}} \times \frac{100 \text{ conidios}}{\text{conidios viables}} \times \frac{\text{conidios viables/ha}}{\text{volumen agua en L/ha}}$$

Con la ecuación se obtuvo el dato de la cantidad de gramos de cada sustrato para inocular a la concentración requerida de 5×10^{13} conidios/ha, en relación a un volumen de 5 L como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Cantidad de sustrato inoculado de cada cepa en un volumen de suspensión de 5 L, para cumplir con la concentración requerida de 5×10^{13} conidios/ha.

Especie	cepa	sustrato	Conidios/g	viabilidad	g/L	volumen a preparar (L)	g/tratamiento	kg/ha
<i>Beauveria bassiana</i>	BISA 0114	Maíz	1.01×10^{10}	98.21 %	25.19	5	125.96	5.0
<i>Metarhizium anisopliae</i>	ILU 0114	Maíz	4.74×10^9	96.16 %	54.91	5	274.53	10.9
<i>Metarhizium anisopliae</i>	BISA 01 2000	Maíz	5.36×10^9	94.64 %	49.33	5	246.65	9.8
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Bisa 0214	Maíz	4.59×10^9	90.00 %	60.52	5	302.59	12.1
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	BISA 0113	Arroz	7.58×10^9	93.93 %	35.11	5	175.56	7.02

La preparación de las suspensiones para cada cepa se inició con la esterilización del agua, desinfección de recipientes y de las bombas utilizadas para la aplicación.

Luego de pesar la cantidad requerida de cada una de las cepas de hongos entomopatógenos y la desinfección del equipo, se agregó 5 L de agua estéril en una cubeta, 5 mL de Tween 20® y se agitó hasta mezclar completamente, posteriormente se añadió la cantidad de sustrato inoculado previamente calculado para cada cepa y con las manos desinfectadas se procedió a agitar el agua para remover la mayor cantidad de conidios de cada uno de los sustratos, dicho proceso se ilustra en la figura 19.



Figura 19. Esquema de la preparación de la suspensión de cada una de las cepas de hongos entomopatógenos evaluados. A1 y A2: pesado del sustrato inoculado, B: adición de Tween 20®, C1 y C2: adición de sustrato inoculado. D1 y D2: agitación de la suspensión.

Después de haber desprendido la mayor cantidad de conidios posibles de cada uno de los sustratos se procedió a filtrar la suspensión con una sección de gasa, esto para evitar que los restos solidos del sustrato (maíz, arroz) ingresaran a la bomba y taparan las boquillas. Se añadió la suspensión a cada una de las cepas evaluadas a las bombas previamente desinfectadas, se utilizó una bomba para cada tratamiento (figura 20).



Figura 20. Preparación de bombas previo a la aplicación de las suspensiones preparadas. A y C: suspensión de conidios de *Metarhizium anisopliae*, B: sustrato inoculado después de extraer los conidios.

F. Aplicación de las suspensiones de hongos entomopatógenos

La aplicación de los tratamientos se realizó en horas de la tarde (16:00 h) evitando altas temperaturas, se preparó un volumen de suspensión de 5 L para cada una de las cepa de los hongos entomopatógenos evaluados, para simular la aplicación se tomó en cuenta el volumen que se utiliza normalmente para una aplicación terrestre con bombas Maruyama de 200 L/ha y la descarga de las boquillas de las bombas utilizadas para calcular el tiempo necesario en recorrer 10 m,



Figura 21. Estado de las ninfas antes de realizar la aplicación (A, B y C).

el cual fue la distancia definida para realizar la aplicación. Para la aplicación de los tratamientos se calibro el paso de una persona para que la aplicación de todos los tratamientos se diera bajo la misma condición.

Se retiró la tapadera de la maceta y se observó el estado de las ninfas antes de la aplicación de los tratamientos, constatando la presencia de saliva que protegía a las ninfas, uno de los principales indicadores de que se les dio un buen manejo previo a la aplicación, como se muestra en la figura 21.

Las macetas fueron descubiertas justo en el momento de la aplicación para evitar que las ninfas alojadas en las macetas pasaran mucho tiempo con una alta iluminación y que la humedad bajara. Inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos se colocó la tapadera a cada maceta y el papel periódico estéril y húmedo en orificio que quedó entre la tapadera de la maceta y los tallos de caña para evitar que las ninfas se escaparan de la maceta o que las hormigas ingresaran (figura 22).



Figura 22. Aplicación de los tratamientos. A: revisión de la bomba, B y C: Aplicación de las suspensiones correspondientes.

Al tener las macetas tapadas fueron colocadas en su correspondiente lugar según el croquis de la aleatorización de cada unidad experimental.

2.5.5.5 Toma de datos

A. Fase I

Un día después de haber aplicado los tratamientos se procedió a revisar y coleccionar cada día, durante 14 días las ninfas muertas en cada unidad experimental, iniciando con todas las repeticiones del testigo, posteriormente se revisó los restantes tratamientos. Antes de proceder a revisar cada unidad experimental se procedía a la desinfección de manos y de las pinzas para evitar la contaminación, antes de cerrar nuevamente las macetas se ajustaba la humedad con agua estéril aplicado en las paredes de la maceta con un atomizador, evitando aplicar agua directamente sobre las ninfas.

Al momento de la revisión daría las macetas se evitó retirar completamente la tapadera para evitar la contaminación, la entrada de luz y la pérdida de humedad en las macetas. Las ninfas muertas se coleccionaron con pinzas de cada unidad experimental y se colocaban en una caja estéril (figura 23), al finalizar se anotaba en la boleta de campo

(anexo 1) la cantidad de ninfas muertas, dichos datos fueron necesarios para calcular el porcentaje de mortalidad.

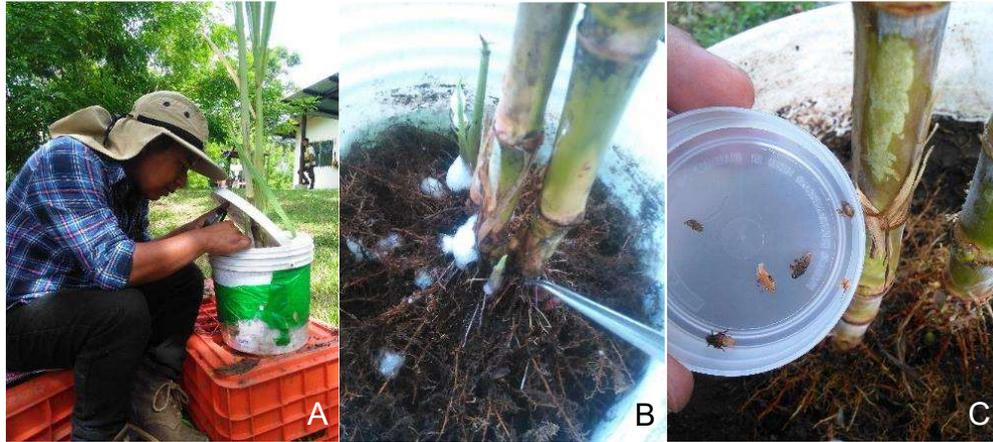


Figura 23. Toma de datos de la variable mortalidad. A. Búsqueda de ninfas muertas. B. Colecta de ninfas muertas. C. Ninfas muertas colectadas en una unidad experimental.

B. Fase II

Antes de la aplicación de las suspensiones de conidios de las cepas de hongos entomopatógenos se prepararon todas las cajas a utilizadas como cámaras húmedas (figura 24F), se prepararon 25 cajas plásticas para cada unidad experimental, identificando cada una de ellas con el número de tratamiento, repetición y el número correlativo de cada ninfa, esto debido a que se utilizó una caja para cada ninfa, así evitar contaminación.

Para cada caja se preparó una sección de papel absorbente el cual se colocó en el fondo, así mismo una sección de algodón, dichos materiales fueron utilizados para mantener la humedad, antes de ser utilizadas estas fueron esterilizadas.

Luego de coleccionar las ninfas muertas de cada día por unidad experimental se trasladaron al laboratorio de control de calidad del Ingenio La Unión en donde se lavaron y se colocaron en cámaras húmedas para esperar la esporulación de las cepas de hongos entomopatógenos sobre las ninfas de chinches salivosa.

Este proceso iniciaba con la desinfección del área de trabajo utilizando alcohol al 70 %, además de esterilizar todo el equipo utilizado, el cual consistía en pinzas, coladores, recipientes plásticos, así como también la esterilización de los materiales utilizados como lo son papel absorbente, algodón y agua.

El proceso en que se lavaba las ninfas de chinche salivosa iniciaba al tener las ninfas muertas de cada unidad experimental en su respectiva caja Petri, al estar en el laboratorio se colocaban todas las ninfas colectadas de una unidad experimental en un colador (previamente esterilizado), y se procedía a sumergir a las ninfas en una solución de alcohol al 70 % durante tres minutos para eliminar los residuos de saliva del cuerpo de la ninfa así como suelo u otros contaminantes, luego se pasaba a sumergirse en agua por tres minutos, después se trasladaban a una solución de hipoclorito de sodio al 0.75 % durante tres minutos para la eliminación de bacterias que se encuentren superficialmente en el cuerpo de las ninfas, para que finalmente se sumergiera por tres minutos en agua para eliminar los residuos de hipoclorito de sodio.

Después de sacar las ninfas de la última estación del tren de desinfección se procedía a colocar las ninfas sobre papel absorbente estéril para eliminar el exceso de humedad, luego se trasladaba cada ninfa a una caja con papel absorbente y algodón en su interior el cual cumplía la función de la cámara húmeda necesaria para la esporulación de las cepas de hongos entomopatógenos sobre las ninfas de chinche salivosa (figura 24).

Diariamente se revisó de forma cuidadosa cada cámara húmeda durante 14 días, esto se realizaba desinfectando el área de trabajo con alcohol al 70 %, además se utilizó un mechero para evitar el ingreso de contaminantes a la cámara húmeda abriéndola cerca de dicho mechero, se ajustaba la humedad con agua estéril aplicándola con una piseta. Lo anterior se realizó para determinar la fecha en que las cepas de hongos entomopatógenos esporulen sobre las ninfas y así determinar al final del periodo de evaluación el porcentaje de ninfas parasitadas (mortalidad confirmada).

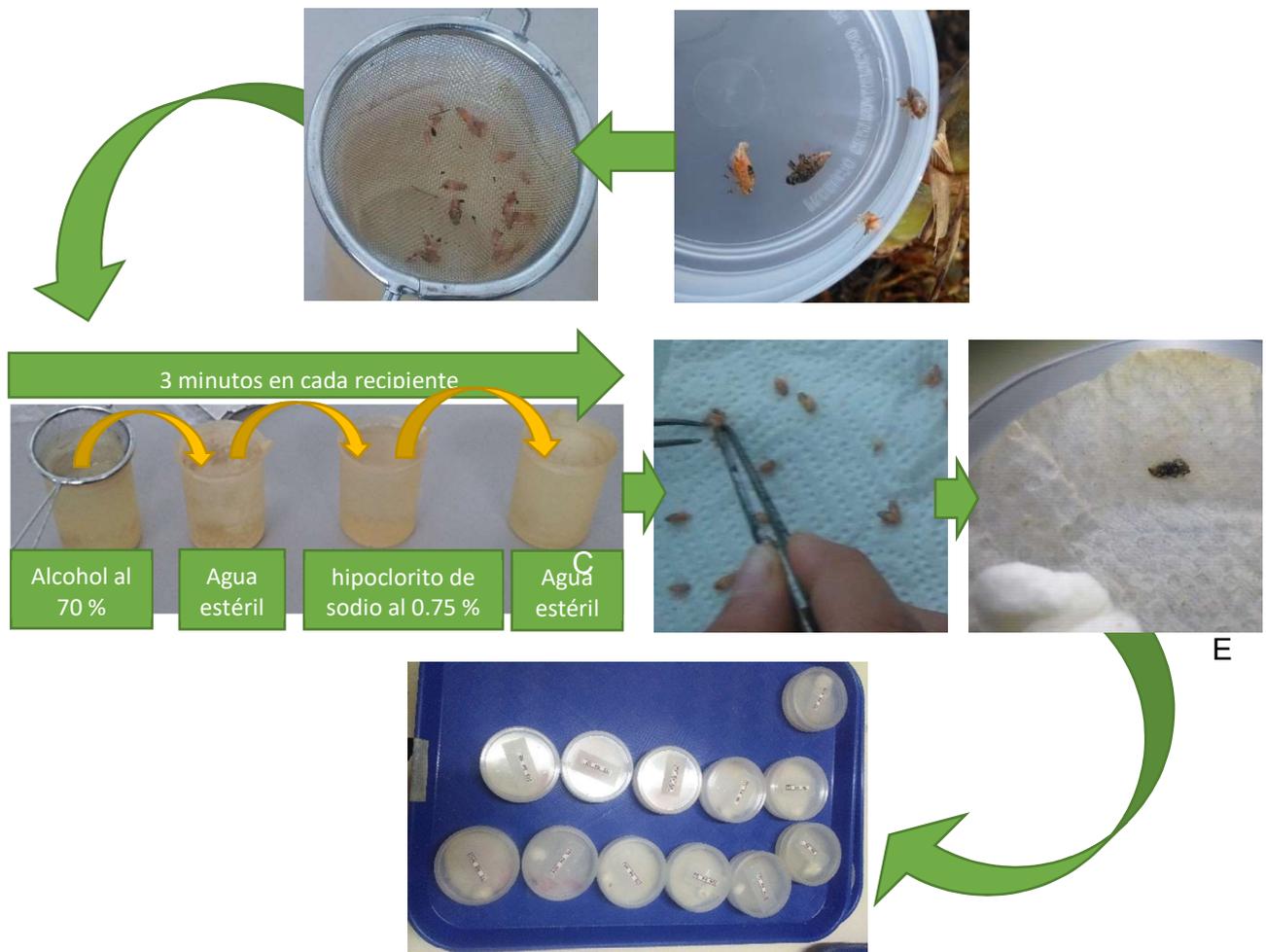


Figura 24. Esquema del proceso del lavado de ninfas de chinche salivosa. A: ninfas colectadas en una unidad experimental, B: Ninfas colectadas en una unidad experimental colocadas en un colador, C: tren de desinfección donde son sumergidas las ninfas contenidas en el colador, D: eliminación del exceso de humedad de las ninfas, E: ninfa en su cámara húmeda, F: ninfas colectadas en una unidad experimental colocadas en su correspondiente cámara húmeda.

2.5.6 Diseño experimental

El diseño completamente al azar fue utilizado, debido que se trabajó bajo condiciones semicontroladas. El modelo estadístico-matemático asociado a este diseño se describe a continuación:

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

$i = 1, 2, \dots, n$ tratamientos

$j = 1, 2, \dots, r$ repeticiones

Siendo:

Y_{ij} = variable de respuesta medida en la ij – ésima unidad experimental

μ = media general de la variable de respuesta

τ_i = efecto del i – ésimo tratamiento en la variable dependiente

ε_{ij} = error experimental asociado a la ij – ésima unidad experimental

2.5.7 Análisis de la información

Para las variables porcentaje de mortalidad y parasitismo se realizó un análisis de varianza, verificando el cumplimiento de los supuestos que validan el modelo estadístico-matemático. Los datos fueron procesados en el lenguaje de programación R (R-Core-Team). Posteriormente se realizó una prueba de contrastes ortogonales, empleando un nivel de 5 % de significancia.

Contrastes planteados;

Contraste 1: *Paecilomyces lilacinus* vs. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*

Contraste 2: *Beauveria bassiana* vs. *Metarhizium anisopliae*

Contraste 3: *Metarhizium anisopliae* BISA 0214 vs. *Metarhizium anisopliae* ILU 0114 y *Metarhizium anisopliae* BISA 01-2000

Contraste 4: *Metarhizium anisopliae* ILU 0114 vs. *Metarhizium anisopliae* BISA 01-2000

En el cuadro 3 se presentan los coeficientes de los contrastes ortogonales planteados tanto para la variable porcentaje de parasitismo como porcentaje de mortalidad en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de hongos entomopatógenos.

Cuadro 3. Coeficientes de los contrastes ortogonales planteados para la comparación de medias

Cepa	Contraste	Contraste	Contraste	Contraste
	1	2	3	4
<i>Beauveria bassiana</i> Bisa 0114	-1	-3	0	0
<i>Metarhizium anisopliae</i> ILU 0114	-1	1	-1	1
<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 01-2000	-1	1	-1	-1
<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 0214	-1	1	2	0
<i>Paecilomyces lilacinus</i> BISA 0113	4	0	0	0

2.6 Resultados

2.6.1 Porcentaje de mortalidad

Los resultados de la mortalidad de las ninfas de chinche salivosa después de aplicadas las cepas de las tres especies de hongos entomopatógenos se presentan en el cuadro 4, como se puede observar existe mortalidad en el testigo, esto es a causa de la manipulación de las ninfas, siendo estas muy sensibles a luz, baja humedad, cambios repentinos de temperatura y al desplazamiento de estas al momento de revisión. Previo a la ejecución de la investigación se realizaron tres pruebas para definir la metodología para la colecta y manipulación de las ninfas de chinche salivosa, de esta forma se obtuvo los porcentajes de mortalidad más bajos en el testigo.

Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de hongos entomopatógenos.

Tratamiento	Repetición					Media
	I	II	III	IV	V	
<i>Beauveria bassiana</i> Bisa 0114	44.0	48.0	32.0	48.0	32.0	40.80
<i>Metarhizium anisopliae</i> ILU 0114	52.0	60.0	72.0	40.0	56.0	56.00
<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 01-2000	52.0	40.0	44.0	60.0	60.0	51.20
<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 0214	44.0	60.0	52.0	64.0	52.0	54.40
<i>Paecilomyces lilacinus</i> BISA 0113	76.0	52.0	72.0	68.0	68.0	67.20
Testigo	28.0	24.0	32.0	20.0	24.0	25.60

Los datos de la variable respuesta porcentaje de mortalidad fueron corregidas con la ecuación de Abbott para eliminar la mortalidad obtenida en el testigo y así mismo corregir

los datos de las demás unidades experimentales. Después de corregir los valores de mortalidad, se eliminó al testigo como tratamiento, debido a que todos los valores fueron ajustados a cero (cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de mortalidad en ninfas de chinche salivosa corregido con la ecuación de Abbott.

Tratamiento	Repetición					Media
	I	II	III	IV	V	
<i>Beauveria bassiana</i> Bisa 0114	24.73	30.11	8.60	30.11	8.60	20.43
<i>Metarhizium anisopliae</i> ILU 0114	35.48	46.24	62.37	19.35	40.86	40.86
<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 01-2000	35.48	19.35	24.73	46.24	46.24	34.41
<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 0214	24.73	46.24	35.48	51.61	35.48	38.71
<i>Paecilomyces lilacinus</i> BISA 0113	67.74	35.48	62.37	56.99	56.99	55.91

2.6.1.1 Verificación del cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de las cepas de hongos entomopatógenos.

La verificación de los supuestos del análisis de varianza garantiza que el modelo empleado sea adecuado para el análisis, lo que conlleva a que las conclusiones del ANDEVA estén acotadas en sus errores Tipo I y Tipo II.

A. Independencia de los residuos

Este supuesto requiere que la probabilidad de que el residuo de una observación cualquiera tenga un determinado valor, no debe depender de los valores de los otros residuos, en teoría esto se cumplió al realizar la aleatorización de los tratamientos, pero se realizó la prueba de Durbin Watson (DW) para tener certeza del cumplimiento de este supuesto, para ello se utilizó la ecuación:

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Donde n es el número de observaciones, e_i se refiere a los residuos. Puesto que el valor de DW es aproximadamente igual a $2(1 - \rho)$ donde ρ es la autocorrelación de la muestra de los residuos.

Si el valor del estadístico Durbin Watson (DW) está próximo a 2 entonces los residuos no están autocorrelacionados. Si su valor es 0 hay autocorrelación perfecta positiva. Si tiene un valor de 4 existe autocorrelación perfecta negativa.

Al realizar la prueba de independencia de residuos para la variable porcentaje de mortalidad se determinó que los residuos no están correlacionados, debido a que el DW está próximo a 2 y el valor de p es superior al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por lo que se concluye que existe independencia de los residuos (cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de Durbin Watson para los residuos de la variable porcentaje de parasitismo.

lag	autocorrelación	estadístico DW	valor de p
1	-0.2859035	2.56549	0.12
hipótesis alternativa: $\rho = 0$			

B. Normalidad

Este supuesto establece que los residuos deben estar normalmente distribuidos $e_i \sim N(0,1)$. A continuación, se presenta una curva de densidad observada de las frecuencias de los residuos y el gráfico de probabilidad normal (figura 25), considerando que la curva de densidad observada se asemeja a la campana de Gauss, y que, en el gráfico de probabilidad normal, los cuantiles observados de los residuos de la variable porcentaje de mortalidad (representados por los puntos negros) se aproximan a la línea central que representa los cuantiles de una distribución normal teórica por lo que no existen indicios de incumplimiento del supuesto de normalidad, pero para tener mayor seguridad del cumplimiento de este supuesto se realizó la prueba de Shapiro Wilk.

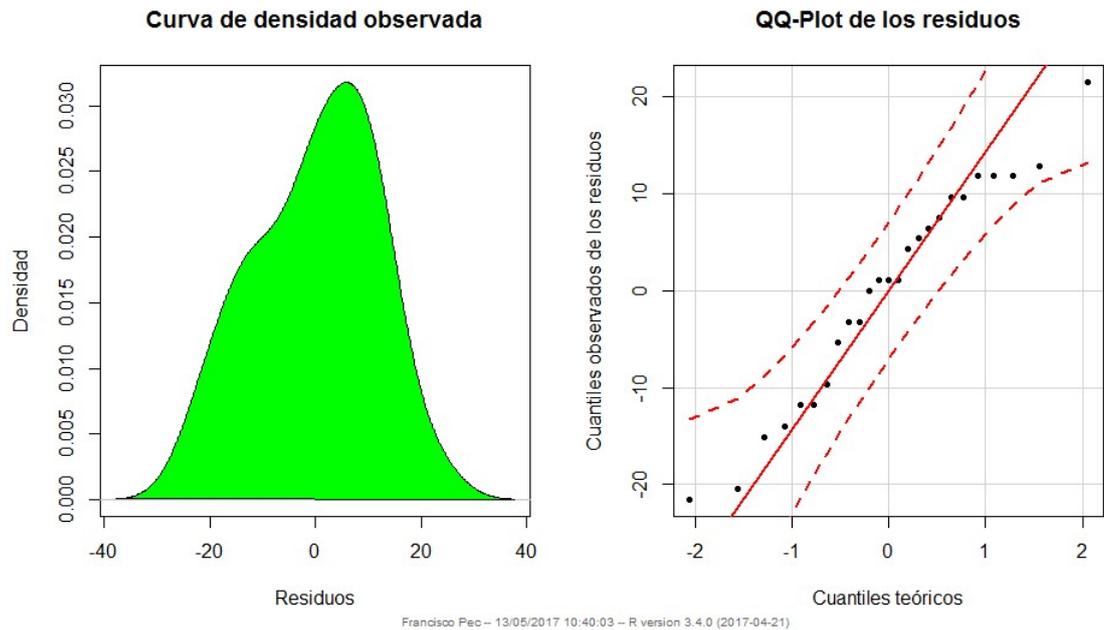


Figura 25. Curva de densidad observada y gráfico de probabilidad normal para los residuos de la variable porcentaje de mortalidad.

Se realizó una prueba Shapiro-Wilk para ratificar el cumplimiento del supuesto de normalidad de los residuos, evaluando las hipótesis:

H_0 : Los residuos de la variable porcentaje de mortalidad se distribuyen normalmente con media cero y varianza constante, $e_i \sim N(0,1)$.

H_a : los residuos de la variable porcentaje de mortalidad no siguen la distribución normal.

Se determinó que se acepta a hipótesis nula, debido a que el valor de p es mayor al valor del nivel de significancia ($\alpha = 0.05$, ver cuadro 7), por lo que se concluye que los residuos de la variable porcentaje de mortalidad están normalmente distribuidos con media cero y varianza constante.

Cuadro 7. Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los residuos de la variable porcentaje de mortalidad.

Variable	n	W	Valor de p
Residuo	30	0.96296	0.4765

W= valor de la prueba de Shapiro Wilk

C. Homogeneidad de varianzas.

Este es el supuesto más importante que los residuos deben cumplir para que el modelo empleado sea válido.

En la figura 26 se pueden observar los valores predichos por el modelo para la variable porcentaje de mortalidad contra la raíz cuadrada de los residuos estandarizados, apreciándose una ligera tendencia (embudo) en la distribución de dichos valores lo cual implica en que existen indicios de un incumpliendo del supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que se realizó la prueba de C de Cochran.

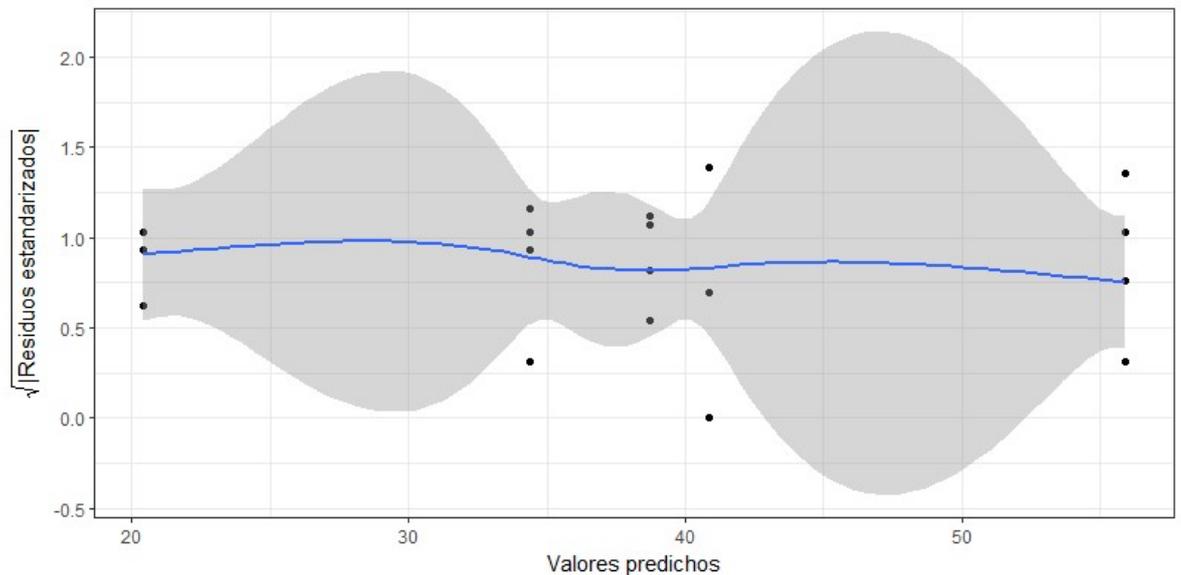


Figura 26. Gráfico de valores predichos por el modelo versus la raíz cuadrada de los residuos estandarizados de la variable porcentaje de mortalidad.

La prueba de C de Cochran, es una prueba unilateral del límite superior atípico de la varianza. La prueba C se utiliza para determinar si una sola estimación de una varianza es significativamente más grande que un grupo de varianzas, en el cuadro 8 se presenta el resultado de la prueba de C de Cochran para la variable porcentaje de mortalidad.

Cuadro 8. Resultados de la prueba de C de Cochran para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas para los residuos del porcentaje de mortalidad.

C	df	k	Valor de p	
0.316	5	5	0.8451	
Hipótesis alterna: El tratamiento 3 (T3) presenta una varianza diferente				
Muestras estimadas				
T1	T2	T3	T4	T5
121.448	245.8	150.39	109.85	150.35

Debido a que el valor de p es mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) se acepta la hipótesis nula que plantea que las varianzas de los residuos de tratamientos son iguales, con lo anterior se determinó el cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad de ninfas de chinche salivosa, concluyendo que el modelo es adecuado para el análisis y no existe necesidad de realizar transformación de datos.

2.6.1.2 Análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad

Para determinar si los tratamientos causaron diferencias significativas sobre el porcentaje de mortalidad se realizó un análisis de varianza (cuadro 9).

Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	valor de p
Tratamiento	3255.90	4	814.0	5.23	0.00475
Error	3111.41	20	155.6		
Total	6367.30	24			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados

C.M.: cuadrados medios F: valor de F Coeficiente de variación: 32.76 %

De acuerdo con el análisis de varianza, existe diferencia significativa en el efecto de los tratamientos, por lo que al menos una cepa de los hongos entomopatógenos evaluados produce un incremento significativo sobre la variable respuesta porcentaje de mortalidad en ninfas de chinche salivosa (valor de $p < 0.05$), por lo que se procedió a realizar la prueba de contrastes ortogonales.

En el cuadro 10 se presenta los resultados de la prueba de contrastes ortogonales, en el contraste 1 se comparó el efecto de *Paecilomyces lilacinus* contra el efecto de *Beauveria bassiana* más el efecto de *Metarhizium anisopliae*, concluyendo que *Paecilomyces lilacinus* produce un incremento significativo en el porcentaje de mortalidad en comparación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* debido a que el valor de p es inferior al nivel de significancia ($0.002 < 0.05$), por lo cual la cepa BISA 0113 de *Paecilomyces lilacinus* supera estadísticamente a las cepas de *Metarhizium anisopliae* y la cepa de *Beauveria bassiana*.

Cuadro 10. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para la variable porcentaje de mortalidad.

Número	Contraste	E.E.	S.C.	G.L.	C.M.	F	Valor de p
Contraste 1	89.25	24.95	1991.39	1	1991.391	12.801	0.002
Contraste 2	52.69	19.32	1156.59	1	1156.589	7.435	0.013
Contraste 3	2.15	13.66	3.84	1	3.845	0.025	0.877
Contraste 4	6.45	7.89	104.07	1	104.071	0.669	0.423
Total			3255.90	4	813.974	5.232	0.005

G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados E.E.: error estándar

C.M.: cuadrados medios F: valor de F

En el contraste 2 se comparó el efecto de *Beauveria bassiana* contra *Metarhizium anisopliae*, determinado que *Metarhizium anisopliae* provoca la misma mortalidad que *Beauveria bassiana* (valor de $p > \alpha$).

Para el caso del contraste 3 se comparó el efecto de *Metarhizium anisopliae* BISA 0214 contra el efecto de *Metarhizium anisopliae* ILU 0114 más el efecto de *Metarhizium anisopliae* BISA 01-2000, las cepas ILU 0114 y BISA 01-2000 se agruparon debido a que estudios moleculares recientes indican que genéticamente son el mismo material, habiendo dado resultados negativos en las pruebas de compatibilidad de cepas. El resultado del contraste indica que no existe diferencia estadística significativa entre las cepas de *Metarhizium anisopliae* comparados, en el porcentaje de mortalidad de las ninfas de chinche salivosa debido a que el valor de p es mayor al nivel de significancia ($0.877 > 0.05$).

En el contraste 4 se comparó *Metarhizium anisopliae* ILU 0114 contra *Metarhizium anisopliae* BISA 01-2000 determinado que los dos materiales producen el mismo efecto en el porcentaje de mortalidad de ninfas de chinche salivosa.

Para la variable porcentaje de mortalidad el mejor tratamiento fue *Paecilomyces lilacinus*, diferenciándose estadísticamente de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

2.6.2 Porcentaje de parasitismo

Los datos obtenidos de mortalidad confirmada (parasitismo) por cada una de las cepas empleadas en cada unidad experimental de se presenta en el cuadro 11.

Cuadro 11. Porcentaje de parasitismo en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de hongos entomopatógenos.

Tratamiento	Repetición					Media
	I	II	III	IV	V	
<i>Beauveria bassiana</i> BISA 0114	4.0	12.0	4.0	16.0	0.0	7.20
<i>Metarhizium anisopliae</i> ILU 0114	20.0	24.0	32.0	16.0	16.0	21.60
<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 01-2000	16.0	12.0	12.0	24.0	20.0	16.80
<i>Metarhizium anisopliae</i> BISA 0214	20.0	28.0	24.0	24.0	16.0	22.40
<i>Paecilomyces lilacinus</i> BISA 0113	36.0	24.0	40.0	32.0	44.0	35.20

2.6.2.1 Verificación del cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza para la variable porcentaje de parasitismo.

A. Independencia de los residuos

Al realizar la prueba de independencia de residuos para la variable porcentaje de parasitismo se determinó que los residuos no están correlacionados (cuadro 12), debido a que el valor del estadístico DW es próximo a 2 y el valor de p es mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se concluye que existe independencia de los residuos.

Cuadro 12. Prueba de Durbin Watson para los residuos de la variable porcentaje de parasitismo.

lag	autocorrelación	estadístico DW	Valor de p
1	-0.254918	2.397541	0.314
hipótesis alternativa		rho!=0	

B. Normalidad

Considerando que la curva de densidad observada se asemeja a la campana de Gauss, y que, en el gráfico de probabilidad normal, los cuantiles observados de los residuos de la variable porcentaje de parasitismo (representados por los puntos negros) se aproximan a la línea central que representa los cantiles de una distribución normal teórica (figura 27), por lo que no existen indicios de incumplimiento del supuesto de normalidad, pero para tener mayor seguridad del cumplimiento de este supuesto se realizó la prueba de Shapiro Wilk.

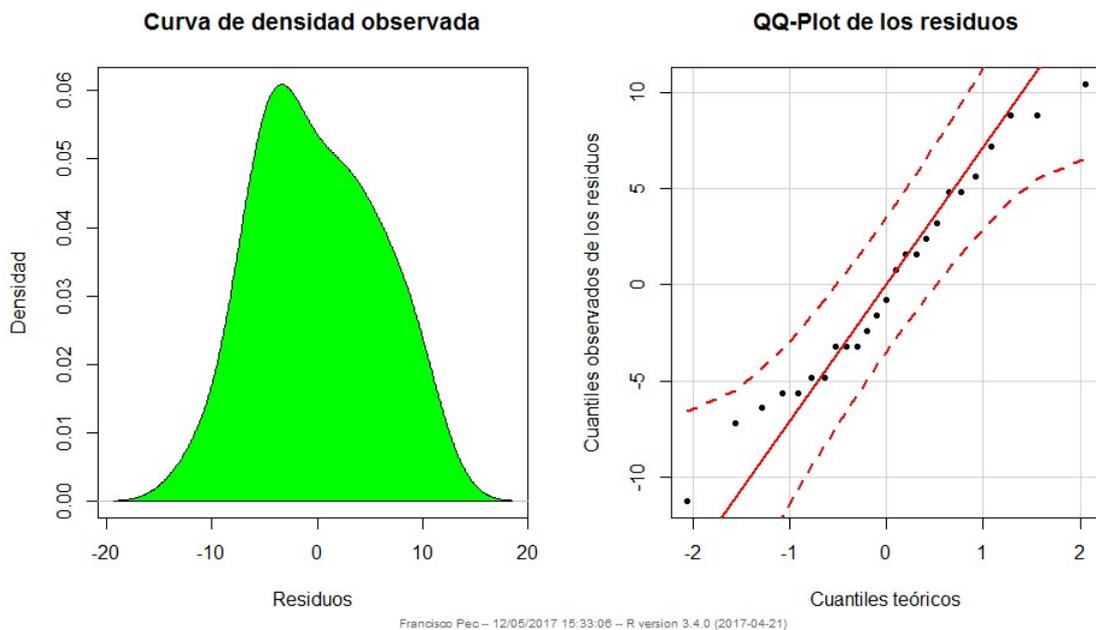


Figura 27. Curva de densidad observada y gráfico de probabilidad normal de los residuos de la variable porcentaje de parasitismo

Se realizó la prueba Shapiro-Wilk y se determinó que los residuos se encuentran distribuidos normalmente debido a que el valor de p es mayor al valor del nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) (cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los residuos de la variable porcentaje de parasitismo.

Variable	n	W	Valor de p
Residuo	25	0.97079	0.6652

W= valor de la prueba de Shapiro Wilk

C. Homogeneidad de varianzas entre los tratamientos.

En la figura 25 se puede observar la distribución de los valores predichos por el modelo contra la raíz cuadrada de los residuos estandarizados de la variable porcentaje de parasitismo, no se observa tendencia alguna en la distribución de dichos valores lo cual implica que no existen indicios de incumpliendo del supuesto de homogeneidad de varianzas, pero dicha conclusión se corrobora con la prueba C de Cochran.

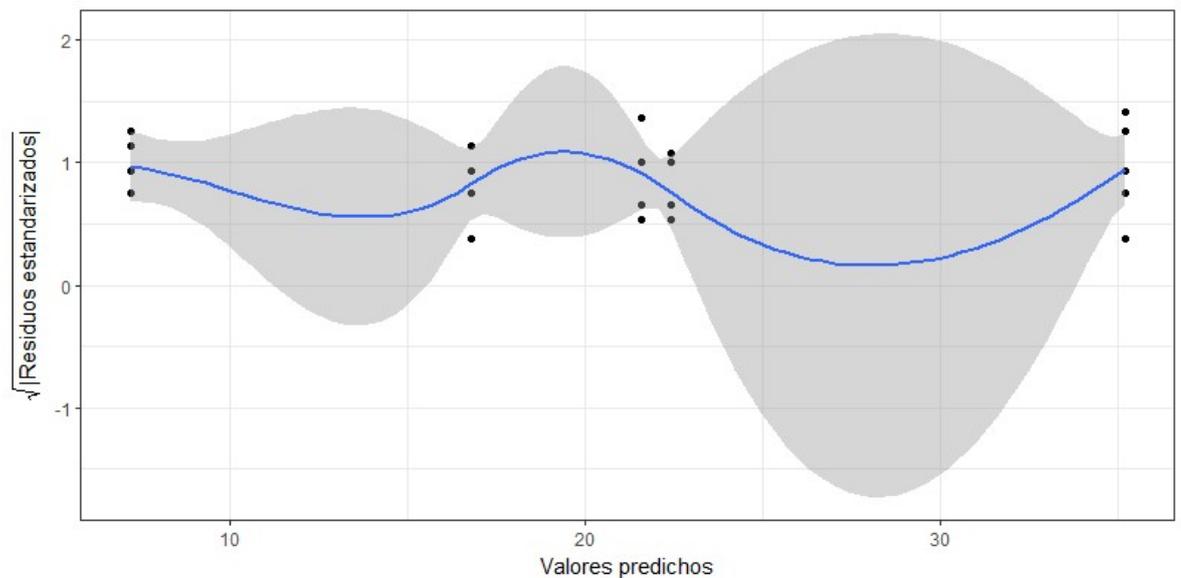


Figura 28. Gráfico de valores predichos por el modelo versus la raíz cuadrada de los residuos estandarizados de la variable porcentaje de parasitismo.

Debido a que el valor de p es mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) se acepta la hipótesis nula, por lo que las varianzas de los tratamientos son iguales (cuadro 14), por lo que el modelo es adecuado para el análisis.

Cuadro 14. Resultados de la prueba C de Cochran para la verificación del supuesto homogeneidad de varianzas para los residuos de la variable porcentaje de parasitismo.

C	df	k	Valor de p	
0.30328	5	5	0.9512	
Hipótesis alterna: El tratamiento 5 (T5) presenta una varianza diferente				
Muestras estimadas				
T1	T2	T3	T4	T5
43.2	44.8	27.2	20.8	59.2

D. Análisis de varianza para la variable porcentaje de parasitismo

Se realizó un análisis de varianza para determinar si al menos alguna de las cepas de hongos entomopatógenos empleadas produjo un incremento significativo sobre el porcentaje de parasitismo de ninfas de chinche salivosa (cuadro 15)

Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza para la variable porcentaje de parasitismo.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	Valor de p
Tratamiento	2056.96	4	514.24	13.17	<0.0001
Error	2056.96	20	39.04		
Total	780.80	24			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados

C.M.: cuadrados medios F: valor de F Coeficiente de variación: 30.27 %

De acuerdo con el análisis de varianza, se concluye que existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo tanto al menos una cepa de los hongos entomopatógenos evaluados produce un incremento significativo sobre la variable respuesta porcentaje de parasitismo de ninfas de chinche salivosa (valor de $p < 0.05$), por lo que se realizó una prueba de post-ANDEVA empleando contrastes ortogonales, para definir las diferencias entre los tratamientos.

En el cuadro 16 se presenta los resultados de la prueba de contrastes ortogonales para la variable porcentaje de parasitismo, en el contraste 1 se comparó el efecto de *Paecilomyces lilacinus* contra el efecto de *Beauveria bassiana* más el efecto de *Metarhizium anisopliae*, en donde se concluye que *Paecilomyces lilacinus* produce un incremento significativo en el porcentaje de ninfas parasitadas debido a que el valor de p es inferior al nivel de significancia

($0.0001 < 0.05$), por lo cual la cepa BISA 0113 de *Paecilomyces lilacinus* es distinta estadísticamente de las cepas de *Metarhizium anisopliae* y la cepa de *Beauveria bassiana*.

Cuadro 16. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para la variable porcentaje de parasitismo.

Número	Contraste	E.E.	S.C.	G.L.	C.M.	F	Valor de p
Contraste 1	72.80	12.50	1324.960	1	1324.960	33.939	<0.0001
Contraste 2	39.20	9.68	640.2667	1	640.267	16.400	0.001
Contraste 3	6.40	6.84	34.1333	1	34.133	0.874	0.361
Contraste 4	4.80	3.95	57.6000	1	57.600	1.475	0.239
Total			2056.960	4	514.240	13.172	<0.0001

G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados E.E.: error estándar

C.M.: cuadrados medios F: valor de F

En el contraste 2 se comparó el efecto de *Beauveria bassiana* contra *Metarhizium anisopliae*, determinado que *Metarhizium anisopliae* produce un efecto estadísticamente significativo en comparación a *Beauveria bassiana* (valor de $p < \alpha$).

El resultado del contraste 3 indica que no existe diferencia estadística significativa entre las cepas de *Metarhizium anisopliae* comparados, sobre el porcentaje de mortalidad de las ninfas de chinche salivosa debido a que el valor de p es mayor al nivel de significancia ($0.361 > 0.05$).

En el contraste 4 se comparó *Metarhizium anisopliae* ILU 0114 contra *Metarhizium anisopliae* BISA 01-2000 determinado que los dos materiales producen el mismo efecto en el porcentaje de parasitismo de en ninfas de chinche salivosa valor de $p > \alpha$).

Para la variable porcentaje de parasitismo el mejor tratamiento fue *Paecilomyces lilacinus*, diferenciándose estadísticamente de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* respectivamente, como segunda opción se podría emplear cualquiera de las tres cepas de *Metarhizium anisopliae*, las cuales se diferencian de la cepa de *Beauveria bassiana*.

2.6.3 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos tanto de mortalidad como de parasitismo de ninfas de chinche salivosa a comparación con lo que se podría obtener en campo podría ser un dato menor, debido a que bajo las condiciones en que se realizó la presente investigación cada día fueron colectadas las ninfas muertas de cada unidad experimental, lo que conlleva a la eliminación del inóculo en el sistema lo que en el campo podría expresarse como una epizootia.

El porcentaje de mortalidad está estrechamente relacionado con el porcentaje de parasitismo, en los tratamientos en los cuales se obtuvo un aumento de mortalidad también se observó un aumento en el porcentaje de parasitismo, a excepción de la cepa ILU 0114, esta cepa a pesar de tener un porcentaje de mortalidad más alto que la cepa BISA 0214, esta presentó un porcentaje de parasitismo menor como se observa en la figura 29.

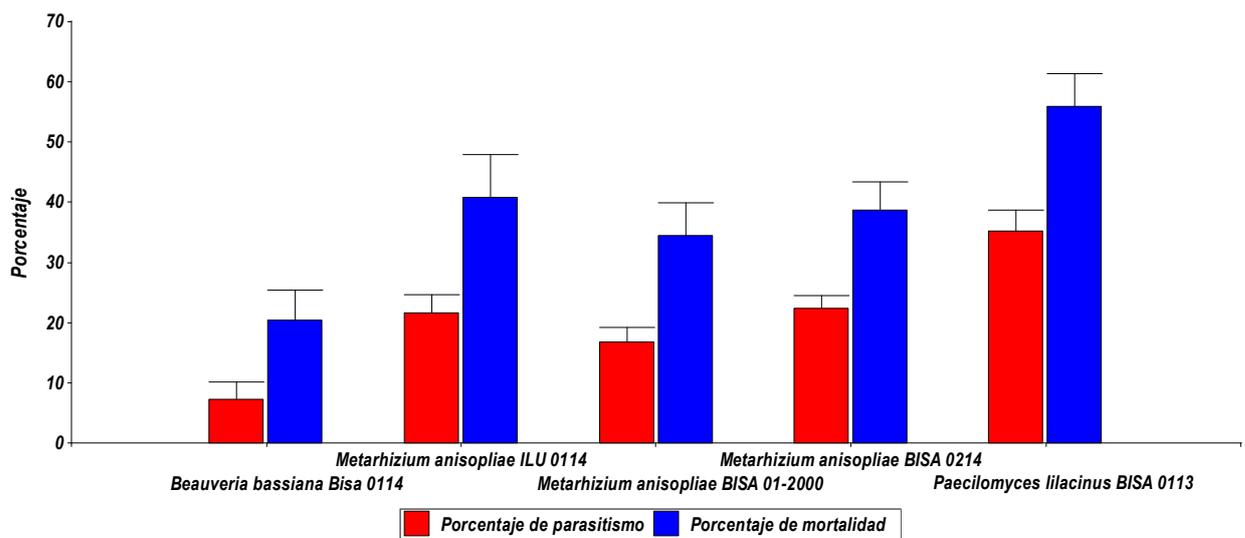


Figura 29. Porcentaje de parasitismo y de mortalidad promedio en ninfas de chinche salivosa por la aplicación de hongos entomopatógenos.

A. *Beauveria bassiana* BISA 0114

El menor porcentaje de parasitismo se obtuvo en las unidades experimentales donde se aplicó *Beauveria bassiana* cepa BISA 0114, esto a pesar de que esta cepa antes de utilizarse fue revigorizada en ninfas de chinche salivosa, por lo que se presumía que

presentara un porcentaje de parasitismo más alto, aunque se sabe que *Beauveria bassiana* presenta un mayor daño en insectos del orden coleóptera y lepidóptera y algunas reportes sobre homópteros, dípteros himenópteros y ortópteros (Batista, 1998).

En las figuras 30A y 30B se observan ninfas de chinche salivosa parasitadas, y en la figura 30C se observa un adulto de chinche salivosa parasitado por *Beauveria bassiana*, infectado en el estadio de ninfa.



Figura 30. Ninfas de chinche salivosa (A y B), y adulto de chinche salivosa (C) parasitados por *Beauveria bassiana* BISA 0114.

B. *Metarhizium anisopliae* ILU 0114

A pesar de tener muchas expectativas de la cepa ILU 0114, ya que fue aislada de una ninfa de chinche salivosa colectada en un área endémica del Ingenio La Unión, esta cepa presentó un parasitismo promedio de 21.60 % y una mortalidad de 38.71 %, siendo superada por la cepa BISA 0214 de *Metarhizium anisopliae* y por la cepa BISA 0113 de *Paecilomyces lilacinus*.

El material denominado ILU 0114 fue catalogado como cepa después de realizar las respectivas pruebas de compatibilidad con la cepa BISA 01-2000, posteriormente mediante a un análisis molecular se determinó que son el mismo material, por lo que únicamente se sospecha que este material sea haya adaptado parasitando ninfas de

chinche salivosa en la región donde fue colectada, siendo en una de las fincas del Ingenio La Unión ubicada en el municipio de La Nueva Concepción, Escuintla.

En las figuras 31A, 31B y 31C se muestra el desarrollo de *Metarhizium anisopliae* sobre las ninfas de chinche salivosa, desde que aparecen los primeros indicios de la expresión del hongo entomopatógeno hasta la formación de conidios, mostrándose con el verde característico de esta especie, en la figura 31D se muestra un adulto parasitado.

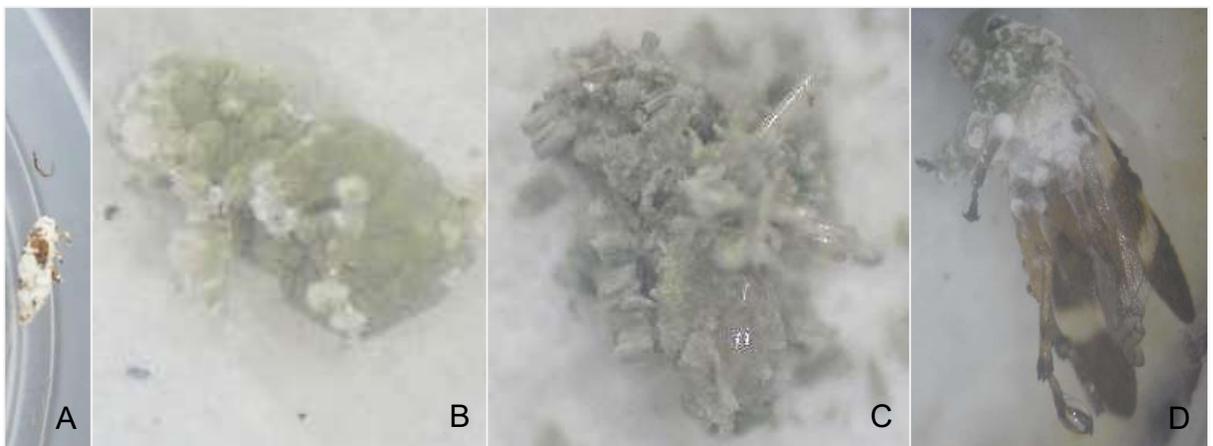


Figura 31. Ninfas de chinche salivosa (A, B y C), y adulto de chinche salivosa (D) parasitados por *Metarhizium anisopliae* ILU 0114.

C. *Metarhizium anisopliae* BISA 01-2000

Esta cepa es la empleada para el control de adultos de chinche salivosa en el Ingenio la Unión, esta produjo un parasitismo de 16.80 %, siendo uno de los tratamientos donde menor parasitismo se obtuvo, únicamente superó a *Beauveria bassiana*, si bien es un parasitismo bajo a comparación de las otras cepas empleadas se esperaba que esta presentase un porcentaje de parasitismo menor, debido a que está especializada en adultos de chinche salivosa, en la figura 32 se pueden observar varias ninfas de chinche salivosa parasitadas.



Figura 32. Ninfas de chinche salivosa parasitadas por *Metarhizium anisopliae* BISA 01-2000, a los 6 días (A), 10 días (B) y 12 días (C) después de aplicado el hongo entomopatógeno

D. *Metarhizium anisopliae* BISA 0214

La cepa BISA 0214 presentó un parasitismo promedio de 22.40 % y una mortalidad de 40.86 % siendo superada únicamente por *Paecilomyces lilacinus* BISA 0113, en la figura 33 se presentan algunas de las ninfas parasitadas, en donde se observa los síntomas característicos de *Metarhizium anisopliae*. En estudios realizados por Alemán (1997), se obtuvo un máximo parasitismo en ninfas de 26.67 % empleando la cepa CG 94-4, el cual es un valor similar al obtenido.

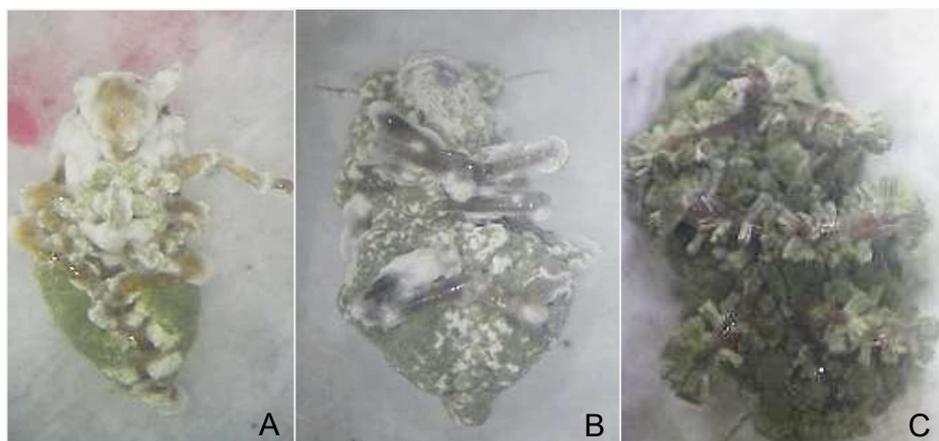


Figura 33. Ninfas de chinche salivosa parasitadas por *Metarhizium anisopliae* BISA 0214, a 8 días (A), 10 días (B) y 14 días (C) después de la aplicación.

E. *Paecilomyces lilacinus* BISA 0113

Esta cepa presentó el mayor porcentaje de mortalidad y parasitismo sobre las ninfas de chinche salivosa, se observó también que fue el tratamiento que tardó menor tiempo en producir la mortalidad, así como la esporulación. Esta cepa presentó mayor agresividad en comparación con las otras cepas evaluadas, por lo que sería necesario realizar ensayos bajo las condiciones de campo para establecer su efectividad, sabiendo que bajo condiciones controladas presento un porcentaje de parasitismo de 35.2 %, porcentaje que podría incrementar, incluso se podría pensar en una epizootia, lo anterior bajo las condiciones del experimento no podía pasar debido a que se trasladaba a una cámara húmeda a cada ninfa muerta individualmente para esperar la esporulación. En la figura 34 se puede apreciar ninfas (A y B) y un adulto (C) parasitado por *Paecilomyces lilacinus*.

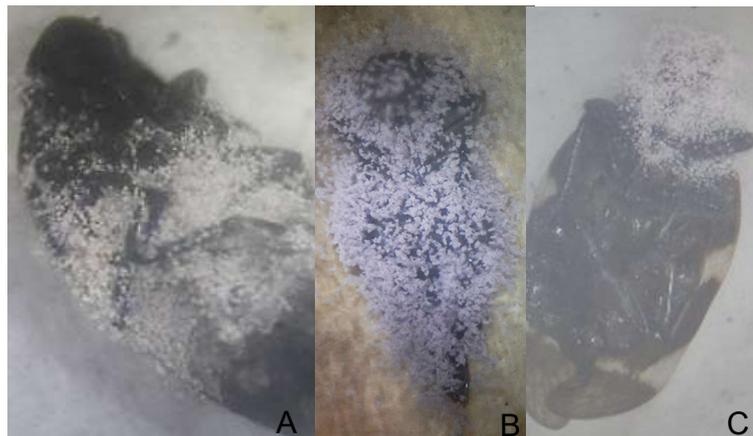


Figura 34. Ninfas de chinche salivosa (A, B) y adulto (C) parasitadas por *Paecilomyces lilacinus* BISA 0113.

En general se obtuvieron porcentajes de mortalidad y parasitismo relativamente bajos, pero es de resaltar que las ninfas de chinche salivosa tienen un mecanismo de defensa muy eficiente, como lo es el salivazo, antes de aplicar los hongos entomopatógenos se aseguró que las ninfas estuvieran cubiertas por su saliva, debido que esto era el indicador de que las ninfas estaban bajo condiciones similares de su ambiente natural y así evitar sobreestimar el potencial de parasitismo de los hongos entomopatógenos, otro aspecto que hay que considerar es que se simuló una aplicación en campo, por lo que lo que la cantidad

de conidios aplicados en cada maceta corresponde a la aplicación comercial, utilizando la concentración de 5×10^{13} conidios/ha para cada cepa empleada.

Se trató de brindarle a las cepas de hongos entomopatógenos las condiciones para expresar su potencial control sobre las ninfas de chinche salivosa, el proceso de infección de los hongos entomopatógenos resulta más dificultoso en el caso específico de las ninfas de chinche salivosa en comparación a los insectos adultos, esto por su mecanismo de protección (saliva), por lo que los conidios entraron en contacto con las ninfas después de que estas se movilizaran para cambiar su sitio de alimentación, aunque la abundante saliva de las ninfas podría crear un ambiente favorable para la sobrevivencia del patógeno durante más tiempo.

La saliva además de proteger a las ninfas humedece los tejidos vegetales y añade enzimas hidrolíticas, los cuales juegan un papel fisicoquímico muy importante durante la penetración mecánica de los tejidos con su aparato bucal picador chupador (Miles, 1972), estas enzimas tienen un efecto a largo plazo en las región de la planta afectada, por lo que las ninfas generalmente permanecen alimentándose en el mismo sitio, Calderón, Arago, y Varela (1982) afirman que, en las épocas lluviosas, cuando se presenta una humedad alta, se puede observar algunas ninfas en los entrenudos aéreos de los pastos, al aplicar los hongos entomopatógenos después de un evento lluvioso podría incrementar potencialmente el control en las ninfas de chinche salivosa con hongos patógenos.

La esporulación de *Metarhizium anisopliae* se presentó entre los 4 y 6 días después de la muerte de las ninfas, en el caso de *Paecilomyces lilacinus* y *Beauveria bassiana* ocurrió entre 4 y 7 días, mayor al tiempo reportado por Batista (1998), quien afirma que la esporulación debe presentarse entre los 2 ó 3 días.

El control de ninfas tiene un alto impacto, las ninfas muertas pueden formar un foco primario de la enfermedad, y a partir de aquí, algunos adultos contaminados diseminarían la enfermedad a otras áreas (Lecuona, 1996).

Un estudio realizado por Ardila (2013) en ninfas de *Eurhizococcus colombianus* (Hemiptera: Margarodidae), plaga de frutales en Colombia, se evaluó la patogenicidad de 25 aislamientos nativos y comerciales de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*, se seleccionó los aislamientos H066 (*P. lilacinus*) y A778 (*M. anisopliae*) con mortalidad de 52.9 y 100 % respectivamente. En otro estudio relacionado con ninfas de otros insectos: (Arredondo, Sánchez, y Mellín (2010)) encontraron los aislamientos Ma59 de *M. anisopliae* (90 % de mortalidad), Pf17 (87.6 %) y Pf 21 (78.4%) de *Isaria fumosorosea*, siendo más efectivos que *B. bassiana* para el control de ninfas de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en ensayos de laboratorio. Los estudios anteriores demuestran que la saliva de las ninfas de chinche salivosa tienen una reducción en cuanto al porcentaje de mortalidad que pueden ocasionar los hongos entomopatógenos al compararlos con los resultados obtenidos en el presente estudio.

2.7 Conclusiones

1. La aplicación de hongos entomopatógenos dirigida hacia el estadio ninfal de la chinche salivosa puede ser viable, a pesar de obtener porcentajes de parasitismo relativamente bajos.
2. La cepa BISA 0113 del hongo entomopatógeno *Paecilomyces lilacinus* presentó el porcentaje de mortalidad más alto (55.91 %) en ninfas de chinche salivosa, superando las cepas de *Metarhizium anisopliae* y la cepa utilizada de *Beauveria bassiana*.
3. La cepa BISA 0113 *Paecilomyces lilacinus* produjo los porcentajes más altos de parasitismo en ninfas de chinche salivosa diferenciándose estadísticamente de las cepas de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, por lo que la cepa BISA 0113 *Paecilomyces lilacinus* es la mejor cepa existente en el banco de cepas del Ingenio La Unión.

2.8 Recomendaciones

1. Realizar la validación en campo de esta investigación utilizando una concentración de 5×10^{13} conidios/ha de la cepa BISA 0113 *Paecilomyces lilacinus*.
2. Determinar las dosis letales 50 y 90 (D_{50} y D_{90}) de la cepa BISA 0113 *Paecilomyces lilacinus*, debido a que en el presente estudio sirvió para identificar la mejor cepa de las tres especies de hongos entomopatógenos que se dispone en el banco de cepas del Ingenio la Unión.

2.9 Bibliografía

1. Alemán, M. 1997. Evaluación de nueve cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor. para el control de chinche salivosa (*Aeneolamia* spp., *Prosapia* sp.) bajo condiciones controladas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 75 p.
2. Ardila, Y. 2013. Patogenicidad de hongos entomopatógenos sobre *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Hemiptera: Margarodidae), plaga de mora (*Rubus glaucus* Benth.) (en línea). Tesis Ing. Agr. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. 109 p. Consultado 3 abr 2016. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/9547/1/1024468926.2013.pdf>
3. Arredondo, H; Sánchez, J; Mellín, M. 2010. Avances en el control biológico del psílido asiático de los cítricos en México. *In* Simposio Internacional Citricola (6., 2010, México). Memorias. México, p. 4-6.
4. Azañon, V. 1996. Evaluación de nueve cepas de *Metarhizium* sp en el control de cuatro plagas insectiles de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* a nivel de laboratorio. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landivar. 51 p.
5. Badilla, F. 2015. Situación actual y el manejo de hongos entomopatógenos para el control de chinche salivosa (entrevista). Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Depto. Agronomía. [franbad@racsa.co.cr]
6. Batista, S. 1998. Controle microbiano de insetos. 2 ed. Piracicaba, Brasil, FEALQ. v. 4.
7. Bernal, N; Zambrano, C. 1984. El uso de *Metarhizium* en el control de la candelilla en Venezuela. *In* Seminario Barquisimeto (2., 1984, Venezuela). Problemas de candelilla y taladrador en caña de azúcar y pastos. Barquisimeto, Venezuela, FAO. p. 91-103.
8. Buller, NB. 2014. Bacteria and Fungi from Fish and other Aquatic Animals, 2nd Edition: A Practical Identification Manual. CABI Publishing.
9. Calderón, M; Arago, G; Varela, F. 1982. Cercopidos plagas de los pastos en América Tropical; biología y control. Cali, Colombia, CIAT. 56 p.
10. Camo, T. 1999. Evaluación de cuatro aislamientos de *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor para el control microbiológico de chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.) bajo condiciones controladas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 76 p.
11. CAÑAMIP (Manejo Integrado de Plagas en Caña de Azúcar, Guatemala). 2015. Análisis de la zafra 2014-2015. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 32 p.

12. Carreras Solís, B; Rodríguez Batista, D; Piedra Díaz, F. 2009. Evaluación de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* Berliner para el control de *Heliiothis virescens* Fabricius en el cultivo del tabaco en Cuba. *Fitosanidad* 13:277-280.
13. Castillo, S. 2006. Uso de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) en pastizales de *Brachiaria decumbens* en Petén, Guatemala. Tesis MSc. Costa Rica, CATIE. Consultado 2 abr 2016. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0748E/A0748E.PDF>
14. Comparini, S. 2006. Evaluación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en el Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 150 p.
15. Coronado, P. 1978. Memoria de la campaña contra la mosca pinta. Coyoacán, México, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Sanidad Vegetal. 126 p.
16. Costa, L. 1942. Insectos de Brasil. Brasil, Escuela Nacional de Agronomía. tomo 3, Cap. 23, p. 765-799. (Serie Didáctica no. 4).
17. Domsch, KH; Gams, W; Anderson, TH. 1980. Compendium of soil fungi. London, England, Academic Press. 860 p.
18. Driver, F; Milner, RJ; Trueman, JWH. 2000. A taxonomic revision of *Metarhizium* based on a phylogenetic analysis of rDNA sequence data. *Mycological Research* 104(2):134-150. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0953756299001756>
19. Enríquez, Q; Meléndez, N; Bolaños, A. 2002. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. México, INIFAP, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Campo Experimental Papaloapan. 262 p. (Libro Técnico no. 7).
20. Evans, DE. 1972. Studies on egg diapause in *Aeneolamia varia saccharina* Dist. (Homoptera: Cercopidae). Trinidad, WI. London, England, London University. p. 186.
21. Flores Cáceres, S. 1994. Las plagas de la caña de azúcar en México. Ed. Silverio Flores Cáceres, México, 350 p.
22. Flores, C; Abarca, R. 1961. Principales plagas de la caña de azúcar en México. México, Instituto Mexicano de Producción de Azúcar, Bol. Div. no 4:101.
23. Flores Cáceres, S; Ramírez Martínez, A. 1965. El salivazo de la caña de azúcar en México. Ed. Silverio Flores Cáceres, México, 350 p.
24. García, E. 1984. Manual de campo en caña de azúcar. México, Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. 31 p. (Serie Divulgación Técnica, Libro no. 24).

25. García García, C; López Collado, J; Nava Tablada, M; Villanueva Jiménez, J; Vera Graziano, J. 2006. Modelo de predicción de riesgo de daño de la mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Hemiptera: Cercopidae). *Neotropical Entomology* 35:677-688.
26. Garza, E; Sánchez, C. 2007. La mosca pinta *Aeneolamia postica* y su manejo en la planicie Huasteca (en línea). México, INIFAP. Consultado 9 abr. 2015. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/779/157.pdf?sequence=1>
27. Gómez, H; Patterno, L. 2014. Influencia de corredores de vegetación sobre diversidad y abundancia de parasitoides (Insecta; Hymenoptera) dentro de un sistema de caña de azúcar en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Lavras, Mato Grosso, Brasil, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Entomologia. 3 p.
28. Gómez, L. 2007. Manejo del salivazo *Aeneolamia* varia en cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca (en línea). Consultado 20 feb. 2015. Disponible en <http://bit.ly/28MMc5s>
29. Gómez, P. 2006. Evaluación de cuatro concentraciones de *Metarhizium anisopliae*, bajo condiciones semicontroladas para el control de chinche salivosa (*Aeneolamia* sp. y *Prosapia* sp.), en la Corporación Pantaleón-Concepción, S.A. Informe graduación Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 201 p.
30. Gómez, R; Montepeque, R; Martínez, O. 1995. Evaluación del efecto del hongo *Metarhizium* aplicado en caña comercial para el control de la chinche salivosa. *In* Semana Científica Guatemala. Guatemala, Ingenio Pantaleón, División Agrícola. v. 1, 97 p.
31. Hajek, AE; St. Leger, RJ. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annual Review of Entomology* 39(1):293-322. doi: 10.1146/annurev.en.39.010194.001453
32. Hewitt, G. 1989. Effects of spittlebug feeding on forage and root production of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria brizantha* cv. Marandú (BRA-000019). *Pesq. Agropec. Bras.* 24: 307-314.
33. Koloniuk, I; Hrabáková, L; Petrzik, K. 2015. Molecular characterization of a novel amalgavirus from the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Archives of Virology* 160(6):1585-1588. doi: 10.1007/s00705-015-2416-0
34. Lecuona, RE. 1996. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina, Ed. Roberto Eduardo Lecuona.

35. Márquez, J; López, E. 2006. Nivel de daño económico para las plagas de importancia en caña de azúcar y su estimación con base en un programa diseñado por CENGICAÑA. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. p. 7.
36. Medina, CA; Lapointe, SL; Chacón, P. 1993. Fauna de hormigas asociadas con forrajes tropicales y su implicación como depredadoras de huevos y ninfas del salivazo de los pastos *Aeneolamia* spp. Rev. Col. Entomol. 19(4):143-150.
37. Melgar Ortiz, J. 1996. Evaluación de 5 dosis de *Metarhizium anisopliae*, para el control de la chinche salivosa *Aeneolamia* sp., en caña de azúcar, en la finca Agua Blanca, municipio de La Gomera, departamento de Escuintla. Técnico Prod. Agr. Informe Práctica Prof. Supervisada. Escuintla, Guatemala, USAC, Centro Universitario del Sur. 67 p.
38. Mendonca, AF. 2001. Manejo integrado del salivazo de la raíz de la caña de azúcar *Mahanarva fimbriolata* en Brasil. In Taller Latino Americano sobre Plagas de la Caña de Azúcar (1., 2002, Ecuador). Memorias. Guayaquil, Ecuador, AETA / ATALAC. p: 40-47.
39. Miles, PW. 1972. The saliva of Hemiptera. Advances in Insect Physiology 9:183-255. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60277-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60277-5)
40. Morales, M. 2008. Evaluación de cuatro parasitoides para el control de dos especies de barrenadores *Diatraea saccharalis* Fabricius y *Diatraea crambidoides* Grote en caña de azúcar a nivel de laboratorio. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 46 p.
41. Morón, M; Terrón, R. 1988. Entomología práctica: una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, medica, forestal y ecológica de México. México, Instituto de Ecología. p. 152-155.
42. Paladini, A; Ferrari, A; Carvalho, GS. 2008. Cladistic analysis of *Kanaima distant*, 1909 (Hemiptera, Cercopidae). Zootaxa, 1704, 47-63.
43. R-Core-Team. 2017. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. Consultado 20 may 2017. Disponible en <https://www.R-project.org/>
44. Rodríguez de la Torre, M; Paker, JS. 1987. Manejo y control de plagas de insectos. México, National Academy of Sciences. v. 3, p. 552.
45. Samson, RA. 1974. *Paecilomyces* and some allied hyphomycetes. Stud. Mycol. 6:1-119.
46. Sandino, V. 2003. Manejo integrado de la salivita de la caña de azúcar. Nicaragua, FUNICA/UNA/CATIE. 26 p.

47. Schueneman, J; Miller, R; Harrison, G. 2001. Sugarcane cultivar CP 73-1547 descriptive fact sheet1 T. J. In SSAGR116. USA, University of Florida. 4 p.
48. Silva, N. 2010. Efectos de micotoxidad de fungicidas sobre formulados de los entomopatógenos *Paecilomyces fumosoroseus* y *Beauveria bassiana* utilizados contra la mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*) (en línea). Tesis PhD. México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Consultado 4 may 2016. Disponible en <http://bit.ly/1ycx0ZZ>
49. Solis, J; Badilla, F. s.f. Determinación de las pérdidas en tonelaje y azúcar causadas por la chinche salivosa *Aenolamia* spp. y *Prosapia* spp. en El Ingenio Santa Ana. Escuintla, Guatemala, Grupo Corporativo Santa Ana. v. 1, p. 1.
50. Tigano, MS; Honeycutt, RJ; Lacey, LA; Assis, R; McClelland, M; Sobral, BW. 1995. Genetic variability of *Paecilomyces fumosoroseus* isolates revealed by molecular markers. *Journal of Invertebrate Pathology* 65(3):274-282.
51. Utrera, V; López, J; Valdés, J; Bravo, H; Vera, J. 2004. Dispersión de adultos de la mosca pinta *Aeneolamia albofasciata* (Walker) (Homoptera: Cercopidae). *Entomol. Mexicana* 3:463-466.
52. Velasco, P. 1969. La mosca pinta o salivazo; plaga de los pastizales en la costa del Golfo de México. *Fitofilo* no. 62.
53. Vicentini, S; Magalhaes, BP. 1996. Infection of the grasshopper, *Rhammatocerus schistocercoides* Rehn by the entomopathogenic fungus, *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 25(22):309-314.

2.10 Anexos

2.10.1 Boletas de registro

A continuación, se presenta en el cuadro 16 un ejemplo de las boletas utilizadas para cada unidad experimental.

Cuadro 17A. Boleta de registro para la variable respuesta porcentaje mortalidad y parasitismo del tratamiento uno y repetición uno.

Número Nínfa	Identificación	Fecha de mortalidad														Observaciones y Fecha de mortalidad confirmada		
		15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	20-sep	21-sep	22-sep	23-sep	24-sep	25-sep	26-sep	27-sep	28-sep			
1	T1 R1 N1																	
2	T1 R1 N2																	
3	T1 R1 N3																	
4	T1 R1 N4																	
5	T1 R1 N5																	
6	T1 R1 N6																	
7	T1 R1 N7																	
8	T1 R1 N8																	
9	T1 R1 N9																	
10	T1 R1 N10																	
11	T1 R1 N11																	
12	T1 R1 N12																	
13	T1 R1 N13																	
14	T1 R1 N14																	
15	T1 R1 N15																	
16	T1 R1 N16																	
17	T1 R1 N17																	
18	T1 R1 N18																	
19	T1 R1 N19																	
20	T1 R1 N20																	
21	T1 R1 N21																	
22	T1 R1 N22																	
23	T1 R1 N23																	
24	T1 R1 N24																	
25	T1 R1 N25																	
T1 R1	<i>Beauveria bassiana</i> Bisa 0114																	

Fuente: elaboración propia, 2015.

CAPÍTULO III

PROYECTOS PROFESIONALES REALIZADOS

3.1 Presentación

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía y en respuesta a los requerimientos del área de Manejo Integrado de Plagas del Ingenio la Unión, se planificaron y ejecutaron investigaciones durante el período de febrero a noviembre 2015:

1. Identificación de insecticidas promisorios para el control del Saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*), bajo las condiciones de la finca Sololá.
2. Evaluación del parasitoide *Aprostocetus esurus* como controlador biológico del barrenador de la caña (*Diatraea cramboides*), en jaulas bajo las condiciones de la finca Belén
3. Evaluación de tres dosis de Thiamethoxam en tres distintas edades del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) replicados en las tres épocas del ciclo de cultivo, para el control de la Chinche salivosa (*Aeneolamia postica*).
4. Evaluación de alternativas botánicas para el control de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*).

Los informes de los proyectos se incluyen en los anexos 1, 2, 3 y 4.

Anexo 1 del capítulo III. Identificación de insecticidas promisorios para el control del Saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*), bajo las condiciones de la finca Sololá.

1 Resumen

Se evaluaron 7 insecticidas promisorios para el control de Saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*) el cual es una plaga que ha tomado importancia por sus apariciones en los últimos ciclos del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), los tratamientos evaluados fueron distribuidos según el diseño de bloques completos al azar, cada unidad experimental constó de 12 surcos de las cuales se tomó como parcela neta los 6 surcos centrales de una longitud promedio de 225 metros.

La aplicación de los tratamientos se realizó a los tres meses después del último corte del cultivo, 4 días antes de la aplicación se realizó un muestreo del porcentaje de infestación de del Saltón coludo, 20 días después de la aplicación de los tratamientos se realizó un segundo muestreo observando una reducción en general del porcentaje de infestación, en el tercer muestreo se observó la desaparición general de la plaga.

Con el muestreo antes y después de aplicar los tratamientos se determinó un porcentaje de control, al realizar el análisis estadístico se determinó que los productos: Tempano 32.8WP, Confidor 70WP, Actara 25 WG, Kpaz 70 WG y Pymetrozine 50WG presentaron los porcentajes de control más elevados, pero estos no se lograron diferenciar entre sí, pero superaron a los productos Starkle 20SG Imidacron 35 SG, durante el período comprendido entre el muestreo antes y después de aplicar se observó una reducción de la infestación de la plaga en un 31.75 %.

Palabras claves: *Saccharosydne saccharivora*, Saltón coludo, Caña de azúcar

2 Introducción

Las infestaciones del saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*), especialmente en la región Oeste de la zona cañera de Guatemala han sido frecuentes en los últimos años, con efectos negativos en la producción.

Según Guagliumi (1953) citado por Remes 2014, desde el año 1831, el saltón coludo apareció en los cañaverales de la Isla de Barbados como plaga desconocida produciendo el llamado “black-blight”, consideró a la especie formidable por su número, capacidad de destrucción y propagación, ataca a las plantas de caña de todos los tamaños, pero es más perjudicial en los brotes tiernos; su producto de excreción, al secarse se torna negro, y siendo insoluble en agua, destruye o intercepta la acción de la atmósfera sobre la planta. Desde entonces ha aparecido como plaga en varios países americanos, llamando la atención por sus fenómenos secundarios característicos, como es la “fumagina” y desapareciendo siempre naturalmente a las pocas semanas de su aparición (figura 6A).

Metcalf (1969 y 1972) citado por Remes 2014, en sus estudios biológicos, agregó que la melaza excretada en grandes cantidades forma una capa pegajosa en el follaje inferior y en el suelo. Esta capa se infecta por el hongo negro *Capnodium sp.*, formando una capa sobre

la superficie de la hoja que impide el paso de la luz. Las hojas afectadas presumiblemente fotosinteticen y respiren menos y esto acelere la senescencia de las plantas. Cuando la planta está muy infectada por insectos, los efectos que causan por la alimentación incluyen: leve necrosis de la corteza, bloqueo de las células y floema y marchitez.

Este estudio se realizó en la finca Sololá, siendo una de las áreas más afectadas por el Saltón coludo, con el propósito de evaluar el efecto de varios productos para el control de esta plaga.

El ensayo se estableció en el lote 2.04 de la Finca Sololá, el cual está bajo administración del Ingenio La Unión, la finca se encuentra a una elevación de 91 m s.n.m. en las coordenadas Latitud 14° 21' 48.66" N, Longitud 91° 21' 51.36" O se ubica entre el municipio de Tiquisate del departamento de Escuintla y del municipio de Rio Bravo del departamento de Suchitepéquez. En el lote 2.04 de la finca Sololá tiene un área de 14.12 hectáreas, la longitud promedio de los surcos es de 225 metros.

3 Metodología

El experimento fue conducido bajo el diseño de bloques completos al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones por lo que el número total de unidades experimentales fue de 32, cada unidad experimental constó de 12 surcos con un largo promedio de 225 metros (parcela bruta), siendo la parcela neta los 6 surcos centrales (anexo 2).

Los distintos niveles del factor evaluado se describen en el cuadro 1. Se evaluaron varios productos para poder determinar si entre estos existe diferencia estadística significativa en cuanto al porcentaje de control sabiendo que existe una variabilidad en precios de estos productos, la aplicación de los tratamientos se realizó 3 meses después del último corte del cultivo.

Cuadro 18. Descripción de los tratamientos a utilizados.

Producto comercial	Dosis	Ingrediente activo
Imidacron 35 SG	400 ml/ha	Imidacloprid
Confidor 70WP	200 g/ha	Imidacloprid
Kpaz 70 WG	250 g/ha	Imidacloprid
Actara 25 WG	300 g/ha	Thiamethoxam
Pymetrozine 50WG	500 g/ha	Pymetrozine
Starkle 20SG	400 g/ha	Dinotefuran
Tempano 32.8WP	300 g/ha	Imidacloprid, Lambdacihalotrina
Testigo absoluto		

La aplicación se realizó con una bomba Maruyama, con un volumen de aplicación de 200 litros por hectárea, la aplicación fue dirigida a la base del tallo, a excepción del insecticida Pymetrozine, el cual fue aplicado al follaje (Figura 1).

Se empleó como adherente el surfactante, penetrante, dispersante W-30 a razón de un mililitro por cada litro empleado.

Para la variable porcentaje de control fue necesario determinar el porcentaje de infestación antes y después de aplicar los tratamientos, para ello se realizaron tres submuestras por unidad experimental, en cada uno se tomaron 5 tallos, en cada tallo cuatro hojas, por lo que el dato de infestación de cada submuestreo es a partir de la lectura de 25 hojas.



Figura 1. Aplicación de tratamientos.

Para determinar si la hoja estaba infestada se tomó en consideración el tamaño de la colonia que formaba el saltón coludo, esto debido a que el conteo de estos individuos es impráctico al momento de encontrar una hoja infestada por la gran cantidad de individuos que pueden estar presente en una hoja.

Una hoja se consideró como infestada cuando se encontró una colonia con aproximadamente un número mayor de 20 individuos, en caso de encontrar varias colonias pequeñas (mayor a 4) también se consideró la hoja infestada y cuando se encontró colonias de Saltón coludo pequeñas se consideró a la hoja como no infestada tal y como se muestra en la Figura 2.

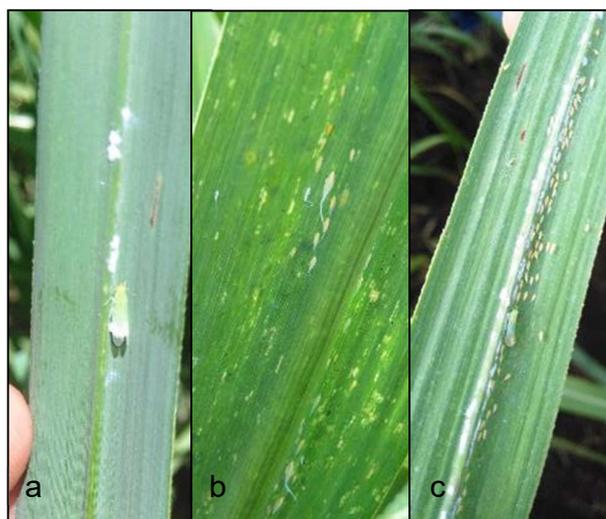


Figura 2. Criterios de infestación de saltón coludo. a y b: hoja no infestada. c: hoja infestada

4 Resultados y discusión

Después de haber obtenido los porcentajes de infestación del saltón coludo se determinó el porcentaje de control en función del dato obtenido antes y después de la aplicación, las lecturas tomadas después de las anteriores no se consideraron debido a que los niveles de población de la plaga se redujeron a 0, tal como muestra en la figura 4 el efecto de los distintos productos sobre el porcentaje de infestación del saltón coludo, observándose que el ambiente también tuvo un efecto sobre la plaga.

Antes de la aplicación de los productos se realizó un muestreo (17/07/2015) para conocer la infestación inicial de la plaga, la aplicación del producto se realizó cuatro días después del muestreo inicial (21/07/2015); el muestreo después de la aplicación del producto se realizó 20 días después de la aplicación del producto (10/08/2015), encontrando que en el testigo absoluto también se obtuvo una reducción del porcentaje de infestación de saltón coludo posiblemente por efecto ambiental, en el segundo muestreo después de haber aplicado los tratamientos (24/08/2015) se observa que la infestación del saltón coludo disminuyó generalmente a 0, por lo que ya no fue necesario continuar con los muestreos programados.

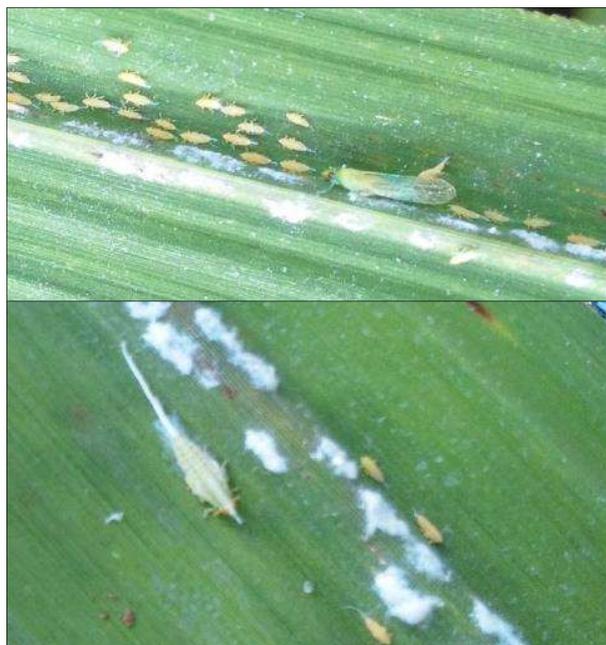


Figura 3. Estadios del saltón coludo

En la figura 3 se muestra los distintos estadios del saltón coludo observados en los muestreos realizados.

Para analizar los datos es necesario que todos los tratamientos sean sometidos bajo la misma rigurosidad, por lo que se consideró la infestación inicial de cada unidad experimental en el resultado de la infestación después de aplicado el producto, por lo que se calculó el porcentaje de control.

Para obtener el dato de porcentaje de control para cada unidad experimental (cuadro 2A.) se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de control} = \frac{\%iaa - \%ida}{\%iaa} * 100$$

Donde,

$\%iaa$ = Porcentaje de infestación antes de aplicación de tratamientos

$\%ida$ = Porcentaje de infestación después de aplicación de tratamientos

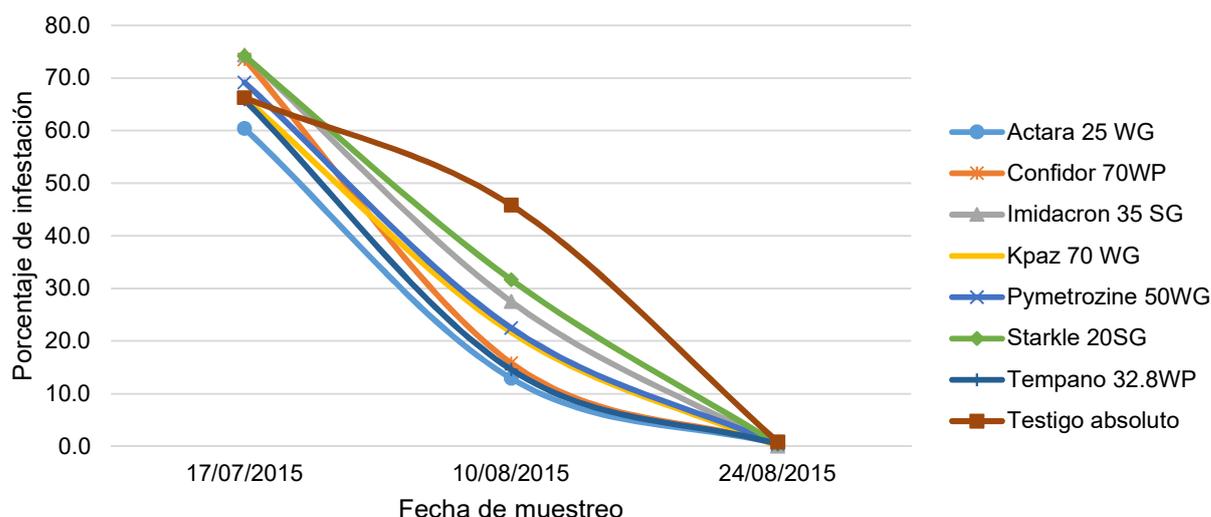


Figura 4. Porcentajes de intensidad de infestación obtenidas en los muestreos realizados.

Se realizó la verificación del cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza, según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk los residuos se distribuyen normalmente (valor de $p > 0.05$, cuadro 4A), de acuerdo con la prueba C de Cochran los residuos son homocedásticos (valor de $p > 0.05$, cuadro 6A), según la prueba de Durbin Watson los residuos no están autocorrelacionados (valor de $p > 0.05$, cuadro 5A) por lo cual no fue necesario la transformación de datos.

Como resultado del análisis de varianza, se determinó que los tratamientos producen un efecto significativo sobre el porcentaje de control (p valor < 0.05 , cuadro 3A), se realizó la prueba de separación de medias empleando el criterio de Scott & Knott ($\alpha = 0.05$), obteniendo los resultados del cuadro 2.

Cuadro 19. Resultados de la prueba de comparación de medias empleando el criterio de Scott & Knott ($\alpha = 0.05$).

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Grupo Scott & Knott
Tempano 32.8WP	80.25	4	6.78	a
Confidor 70WP	80.25	4	6.78	a
Actara 25 WG	77.25	4	6.78	a
Kpaz 70 WG	69.75	4	6.78	a
Pymetrozine 50WG	69.25	4	6.78	a
Starkle 20SG	58.5	4	6.78	b
Imidacron 35 SG	56.25	4	6.78	b
Testigo absoluto	31.75	4	6.78	c

Según el criterio de Scott & Knott los primeros 5 tratamientos producen el mismo porcentaje de control, los cuales se diferencian de Starkle 20SG y de Imidacron 35 SG, es importante señalar que ocurrió un porcentaje de control natural equivalente a un 31.75 %, esto concuerda con la afirmación de Guagliumi (1953) de que la plaga desaparece naturalmente a las pocas semanas de su aparición. El Saltón coludo por sus preferencias alimenticias

está asociada a estar presente en plantas jóvenes y debido a que la aplicación de los tratamientos se realizó cuando el cultivo tenía una edad de 3 meses, la plaga tuvo una rápida desaparición inclusive hasta en las parcelas donde no se aplicó insecticida alguno. Para tener mayor seguridad del efecto de los distintos insecticidas es conveniente realizar estudios en donde la plaga sea detectada tempranamente, y que los días entre cada muestreo se reduzcan para poder observar con más precisión la dinámica poblacional.

Márquez et al, 2014 señala que el cultivo de caña de azúcar es sensible a la presencia del Saltón coludo durante los primeros tres meses de edad, el manejo de esta plaga después de los tres meses de edad ya no produce incrementos significativos en el rendimiento, esto lleva a concluir que el margen de control de esta plaga es limitado, y debe ser manejada al momento de su aparición.

5 Conclusión

Los productos que presentaron mayor porcentaje de control fueron: Tempano 32.8WP, Confidor 70WP, Actara 25 WG, Kpaz 70 WG y Pymetrozine 50WG estos productos no se diferenciaron estadísticamente, pero superaron a los productos: Starkle 20SG e Imidacron 35 SG.

6 Literatura citada

1. Guagliumi, P. 1953. El salta hoja de la caña de azúcar, *Saccharosydne saccharivora* Westw., y la fumagina en Venezuela. Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría, Instituto Nacional de Agricultura. Boletín Técnico no. 7, 82 p.
2. Márquez, José; Ramírez, Carlos; Ortíz, Aristeo; Ampudia, Luis; Torres, Edy; Yotz, Balbino;. 2014. Grado de daño y pérdidas provocadas por el saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*) en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 1 nov. 2015. Disponible en: <http://bit.ly/1Mfn7w8>
3. R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. Consultado 27 nov. 2016. Disponible en <https://www.R-project.org/>
4. Rossi, M. 2014. Taxonomía, distribución y biología de la tribu Saccharosydniini (Insecta-Hemiptera-Fulgoromorpha). Tesis PhD. Argentina, Universidad Nacional de La Plata. 184 p.

7 Anexos

Cuadro 1A. Porcentaje de control de cada tratamiento en cada unidad experimental, a los 20 días de aplicados los tratamientos.

Tratamiento	Bloque				Media
	I	II	III	IV	
Actara 25 WG	91.49	66.67	51.43	100.00	77.40
Confidor 70WP	100.00	72.00	50.54	97.92	80.11
Imidacron 35 SG	65.31	64.00	1.75	94.12	56.29
Kpaz 70 WG	56.67	74.07	47.92	100.00	69.66
Pymetrozine 50WG	93.75	68.00	14.63	100.00	69.10
Starkle 20SG	65.00	49.02	34.78	85.37	58.54
Tempano 32.8WP	90.00	66.67	64.44	100.00	80.28
Testigo absoluto	17.95	28.89	20.00	60.00	31.71

Cuadro 2A. Resultados del análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los insecticidas evaluados.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	Valor de p
Tratamiento	7515.47	7	1073.64	5.84	0.0007
Bloque	13287.84	3	4429.28	24.08	<0.0001
Error	3862.41	21	183.92		
Total	24665.72	31			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados
C.M.: cuadrados medios F: valor de F calculado. Coeficiente de variación: 20.74 %

Cuadro 3A. Salida generada por R versión 3.4.0 de prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	
W = 0.93975	valor de p = 0.07364

Cuadro 4A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la prueba de Durbin Watson para la verificación del supuesto de independencia de los residuos de la variable porcentaje de control.

lag	Autocorrelación	Estadístico DW	Valor de p
1	-0.3093211	2.606564	0.55
hipótesis alterna rho!=0			

Cuadro 5A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la prueba de C de Cochran para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas para los residuos del porcentaje de control.

C	df	k	Valor de p
0.26266	4	8	0.7034

Hipótesis alterna: El tratamiento 3 (T3) presenta una varianza diferente

Muestras estimadas							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
500.3	542.9	1501.6	522.9	1500.9	462.3	308.3	377.6



Figura 6A. Fumagina a causa de los azúcares excretados por el saltón coludo.



Figura 5A. Prueba de dureza de agua antes de la aplicación de tratamientos.

Anexo 1. Hojas de muestreo utilizado para la determinación de intensidad de infestación de saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*)

Muestreo de intensidad de infestación de saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*)

Finca: Sololá

Lote: 2-04

Fecha: _____

Tratamiento: _____ Repetición: _____ Número de surco a muestrear: _____

Muestra	Tallo 1				Tallo 2				Tallo 3				Tallo 4				Tallo 5				Sumatoria
	h1	h2	h3	h4																	
A 25 m																					
A 112 m																					
A 200 m																					
Total:																					

Tratamiento: _____ Repetición: _____ Número de surco a muestrear: _____

Muestra	Tallo 1				Tallo 2				Tallo 3				Tallo 4				Tallo 5				Sumatoria
	h1	h2	h3	h4																	
A 25 m																					
A 112 m																					
A 200 m																					
Total:																					

Tratamiento: _____ Repetición: _____ Número de surco a muestrear: _____

Muestra	Tallo 1				Tallo 2				Tallo 3				Tallo 4				Tallo 5				Sumatoria
	h1	h2	h3	h4																	
A 25 m																					
A 112 m																					
A 200 m																					
Total:																					

Tratamiento: _____ Repetición: _____ Número de surco a muestrear: _____

Muestra	Tallo 1				Tallo 2				Tallo 3				Tallo 4				Tallo 5				Sumatoria
	h1	h2	h3	h4																	
A 25 m																					
A 112 m																					
A 200 m																					
Total:																					

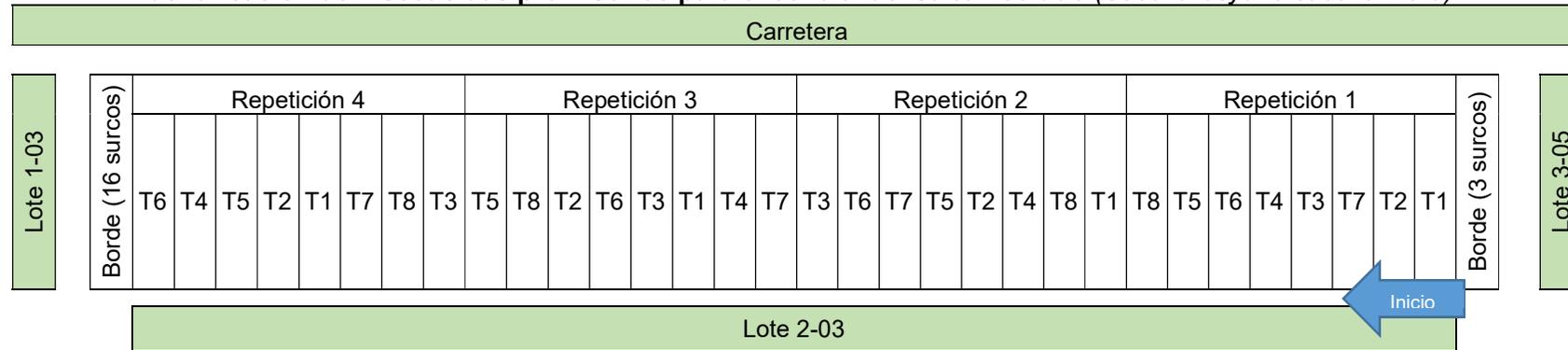
Tratamiento: _____ Repetición: _____ Número de surco a muestrear: _____

Muestra	Tallo 1				Tallo 2				Tallo 3				Tallo 4				Tallo 5				Sumatoria
	h1	h2	h3	h4																	
A 25 m																					
A 112 m																					
A 200 m																					
Total:																					

Anexo 2. Distribución espacial de los insecticidas evaluados.

Ingenio La Unión
 Departamento de Agronomía
 Área de Plagas y Enfermedades
 Finca: Sololá
 Lote: 2-04

Identificación de insecticidas promisorios para el control del saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora*)



Tratamiento	Descripción
1	Imidacron 35 SG
2	Confidor 70WP
3	Kpaz 70 WG
4	Actara 25 WG
5	Pymetrozine 50WG
6	Starkle 20SG
7	Tempano 32.8WP
8	Testigo absoluto

El tamaño de cada parcela es de 12 surcos, siendo la parcela neta de 6 surcos. Con fines de cosecha se debe comenzar desde el punto de inicio.
 Nota: El primer surco que tiene una longitud aproximada de 20 metros no se incluyó en el borde de tres surcos.

Anexo 2 del capítulo III. Evaluación del parasitoide *Aprostocetus esurus* como controlador biológico del barrenador de la caña (*Diatraea crambidoides*), en jaulas bajo las condiciones de la finca Belén.

1. Resumen

El presente estudio se realizó bajo las condiciones de la Finca Belén del Ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala. Se simuló con tres niveles de 20,000 adultos de barrenador por hectárea para obtener un alto índice de infestación y así evaluar el efecto de tres proporciones de *Aprostocetus esurus* *Diatraea crambidoides*, sobre el porcentaje de entrenudos dañados y la cantidad de toneladas de azúcar por hectárea. El ensayo se estableció en un cañaveral de 5 cortes de la variedad CP 72-2086 cultivada a un distanciamiento de 1.5 metros entre surcos. Cada unidad experimental constó de un surco de 7.5 metros de longitud, con 8 repeticiones bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, cada tratamiento se estableció en una jaula de 90 m² a manera de aislar el sistema albergando las repeticiones de cada tratamiento. Las liberaciones de *Aprostocetus esurus* se realizaron entre 36 y 39 días después de haber liberado los adultos de barrenador a manera de que la siguiente generación de barrenadores esté en el estadio de crisálida. Se determinó que las liberaciones de *Aprostocetus esurus* producen un incremento estadísticamente significativo sobre el rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea, obteniéndose este incremento al liberar al menos 5 *Aprostocetus esurus* por cada crisálida proyectada.

Palabras clave: *Aprostocetus esurus*, *Diatraea crambidoides*, Parasitoide, Control biológico, Caña de azúcar.

2. Introducción

Dentro de las plagas importantes de la caña de azúcar está el barrenador del tallo (*Diatraea* sp. Lepidoptera:Crambidae) el cual puede causar pérdidas de 0.36 kg azúcar por tonelada de caña con un 1 % de intensidad de infestación (Márquez, 2012). El barrenador de la caña de azúcar se caracteriza por causar perforaciones en el tallo durante su fase larval, luego pasar al estadio de crisálida para posteriormente a adulto y con ello la ovoposición de donde emergerán la siguiente generación y con ello aumentar el daño en cuanto a cantidad de tallos y entrenudos perforados.

Entre las principales prácticas que se realizan para el manejo de poblaciones de esta plaga son las liberaciones de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* subespecie kurstak y aplicaciones de Clorrantraniliprol. En la presente investigación se evaluó la capacidad de *Aprostocetus esurus* (Hymenoptera: Eulophidae) de parasitar crisálidas de barrenador.

3. Materiales y métodos

El estudio se realizó en el lote 1.37 de la Finca Belén del ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala. El ensayo se estableció en un cañaveral de 5 cortes de la variedad CP 72-2080 cultivada a una distancia entre surcos de 1.5 m, cada unidad experimental constó de un surco de 7.5 metros de longitud, con 8 repeticiones. Los tratamientos se establecieron individualmente dentro de jaulas de 90 m² (15 m de largo y 6 m de ancho) para evitar el ingreso y/o egresos de insectos a las mismas. Se simularon tres migraciones de adulto de barrenador de 20,000 individuos/ha utilizado una proporción macho hembra de 1:1. Se calculó un 10 % extra para asegurar la cantidad requerida, a continuación, se describe la ecuación utilizada para el cálculo de adultos de barrenador liberados.

$$\text{Adultos de barrenador a liberar} = \left(\frac{20,000 \text{ individuos}}{\text{ha}} * \frac{1 \text{ ha}}{10,000 \text{ m}^2} * \frac{90 \text{ m}^2}{1 \text{ jaula}} \right) + 10\% = 198 \approx 200 \text{ individuos por jaula}$$

Debido a que *Aprostocetus esurus* es un parasitoide del barrenador de la caña de azúcar en el estadio de crisálida, para las liberaciones de estas se realizó una proyección del tiempo que pasó en que los adultos de barrenador liberados colocarán sus huevos, y que estas llegarán al estadio de crisálida, liberando los *Aprostocetus esurus* a los 36 y 39 días después de haber liberado los adultos de barrenador.

Para calcular el número de individuos de *Aprostocetus esurus* liberados se tomó en cuenta las condiciones que se describen en el cuadro 1.

Cuadro 20. Factores considerados en el cálculo de la cantidad de *Aprostocetus esurus* liberados.

Descripción	Datos
Total adultos de barrenador liberados	200
Porcentaje de hembras (barrenador)	50
Tamaño de postura (cantidad de huevos por cada hembra de barrenador)	40
Viabilidad de los huevos de barrenador	50 %
Porcentaje de sobrevivencia de larvas de barrenador	50

Para la determinación de las cantidades de *Aprostocetus esurus* en cada tratamiento se utilizó la ecuación.

$$\text{Aprostocetus a liberar} = (\text{RAB} * (\text{TB} * \text{PE} * \text{NH} * \text{V} * \text{S})) + 20 \%$$

Donde,

RAB= Cantidad *Aprostocetus* por cada Crisálida de barrenador (proyectado).

TB= Cantidad de adultos de barrenador liberados

PE=Porcentaje de hembras de barrenador del total.

NH=Número de huevos a ovipositar por cada hembra de barrenador.

V= Porcentaje de viabilidad de los huevos de barrenador

S= Porcentaje de supervivencia de las larvas de barrenador

Para el caso del tratamiento 1, se calculó la liberación de un *Aprostocetus esurus* por cada Crisálida de barrenador, liberándose 1,200 individuos de *Aprostocetus esurus*, considerándose una posible mortalidad de 20 % de los *Aprostocetus esurus*.

$$\text{Aprostocetus a liberar} = (1 * (200 * 0.5 * 40 * 0.5 * 0.5)) + 20 \% = 1,200$$

Para el caso del tratamiento 2 se calculó la liberación de 5 individuos de *Aprostocetus esurus* por cada crisálida de barrenador, liberándose 6,000 individuos de *Aprostocetus esurus*, incluyendo un 20 % de mortalidad los *Aprostocetus esurus*, Finalmente para el tratamiento 3 se calculó la liberación de 10 *Aprostocetus esurus* por cada crisálida de barrenador.

Para las liberaciones de los parasitoides se determinó la fecha en que el barrenador estaría en el estado de crisálida (36 a 39 días después de liberar el adulto). En el cuadro 2 se describe los tratamientos presentando la cantidad de individuos liberados tanto de barrenador como de *Aprostocetus esurus* en cada jaula de 90 m² de superficie, en cada una de las tres liberaciones realizadas.

Cuadro 21. Descripción de la cantidad de individuos liberados de *Diatraea crambidoides* y *Aprostocetus esurus* en cada una de las tres liberaciones realizadas.

Tratamiento	Cantidad de adultos de <i>Diatraea crambidoides</i> liberados.		Total de adultos de <i>Diatraea crambidoides</i> liberados.	Cantidad de individuos de <i>Aprostocetus esurus</i> liberados.
	Machos	Hembras		
1	100	100	200	1,200
2	100	100	200	6,000
3	100	100	200	12,000
4	100	100	200	Testigo (sin liberación)

VARIABLES MEDIDAS:

1. Toneladas de caña por hectárea

Después de haber pesado la caña obtenido de cada unidad experimental, el dato se proyectó a toneladas de caña por hectárea.

2. Toneladas de azúcar por hectárea

Para esta variable se tomó en cuenta la cantidad de caña obtenida por hectárea así mismo la cantidad de azúcar por tonelada de caña proyectada de cada unidad experimental.

3. Porcentaje de entrenudos dañados

Para esta variable se tomó en cuenta la cantidad total de entrenudos y la cantidad de entrenudos perforados por las larvas del barrenador.

Con los datos obtenidos de las variables toneladas de caña por hectárea, rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea y porcentaje de entrenudos dañados se realizó un análisis de varianza, utilizando el modelo estadístico correspondiente al diseño de bloques

completos al azar, en el caso donde se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos se procedió a la realización de la prueba múltiple de medias para la diferenciación de los tratamientos empleando el criterio de Scott & Knott.

4. Resultados y discusión

Se verificó el cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza para cada una de las variables analizadas, determinando que se cumplen todos los supuestos (ver anexos). Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para validar el supuesto de normalidad, la prueba de C de Cochran para el supuesto de homocedasticidad y la prueba de Durbin Watson para el supuesto de independencia de los residuos.

4.1 Porcentaje de entrenudos dañados.

Como resultado del análisis de varianza, se determinó que las liberaciones de *Aprostocetus esurus* no produce una reducción estadísticamente significativa sobre la variable respuesta porcentaje de entrenudos barrenados (valor de $p > 0.05$; cuadro 4A), esto se puede atribuir a las cañas carbonizadas producto de un daño severo, cañas delgadas con una gran cantidad de entrenudos cortos, por lo que esta variable no es capaz de mostrar las diferencias totales del efecto de las liberaciones de *Aprostocetus esurus*.

4.2 Toneladas de caña por hectárea

Para los datos variable toneladas de caña por hectárea (cuadro 8A) se realizó un análisis de varianza determinando que al menos uno de los tratamientos produce incrementos estadísticamente significativos sobre la cantidad de toneladas de caña por hectárea (valor de $p < 0.05$; Cuadro 9A), así mismo se realizó la prueba de múltiple de medias empleando la metodología propuesta por Scott & Knott ($\alpha=0.05$) determinando que con la liberación de 5 y 10 *Aprostocetus esurus* por cada crisálida se obtuvo la mayor cantidad de toneladas de caña por hectárea, superando a los tratamientos en donde se liberó 1 y ningún *Aprostocetus esurus* por cada crisálida (Cuadro 10A).

4.3 Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea

Los datos de la variable respuesta toneladas de azúcar por hectárea en cada unidad experimental se presentan en el cuadro 14A. En el análisis de varianza realizado para la variable respuesta toneladas de azúcar por hectárea (Cuadro 15A), en donde se determinó que al menos uno de los tratamientos produce incrementos significativos sobre la cantidad de toneladas de azúcar obtenidas de cada hectárea (valor de $p < 0.05$), el coeficiente de variación se encuentra relativamente alto, pero al considerar que se está midiendo la interacción del parasitoide y su hospedero y que hay numerosos factores que pueden influir en el que las crisálidas del barrenador sean parasitadas, puede ser considerado como aceptable.

Según la prueba de comparación múltiple de medias utilizando la metodología propuesta por Scott & Knott con un nivel de significancia del 5% al liberar 5 ó 10 *Aprostocetus* se

obtuvo la mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña, estos dos tratamientos no se diferenciaron entre sí, pero superaron a los tratamientos en donde se liberó 1 o ningún *Aprostocetus* por crisálida (Cuadro 16A), con lo cual se recomendaría la liberación de 6,000 individuos de *Aprostocetus*, esto sin considerar un análisis económico.

Debido a que se simuló un alto índice de infestación del barrenador de la caña (*Diatraea crambidoides*) en tres ocasiones, se observó un daño general en las unidades experimentales, siendo el daño más severo para el tratamiento en donde no se liberó el parasitoides *Aprostocetus esurus* lo cual es el reflejo del efecto de la ausencia de un agente regulador de la población de *Diatraea crambidoides*.

5. Conclusión

Al liberar 6,000 y 12,000 individuos de *Aprostocetus esurus* se obtuvo la mayor cantidad de toneladas de azúcar por hectárea y la mayor cantidad de toneladas caña por hectárea, estas cantidades liberadas no se diferenciaron entre sí, pero, superando a los tratamientos de 1,200 y 0 individuos liberados de *Aprostocetus esurus*. También se concluye que la variable porcentaje de entrenudos dañados no fue capaz de explicar el efecto de las liberaciones de *Aprostocetus esurus* debido a que el daño del barrenador se da en el estadio larval y el parasitismo de parte de *Aprostocetus esurus* lo realiza cuando el barrenador está en estadio de crisálida, con lo que posiblemente en el transcurso del tiempo se podrá observar el efecto de *Aprostocetus esurus* sobre las siguientes generaciones del barrenador.

6. Recomendaciones

Estudiar la dinámica poblacional del barrenador de la caña al ser sometido bajo liberaciones de *Aprostocetus esurus*, esto para tener más argumentos sobre el resultado que puedan tener las liberaciones.

Realizar un estudio con unidades experimentales más grandes a campo abierto en lotes con alta presencia larval de barrenador, aunque intervendrían más factores en el sistema se vería a nivel macro la capacidad de los *Aprostocetus esurus* de lidiar con las condiciones del sistema de caña de azúcar.

7. Literatura citada

1. Badilla, F. 2015. Estrategias novedosas para el control del barrenador *Diatraea* spp. En Guatemala (en línea). In Congreso ATACA (20., 2015, Guatemala). Guatemala. Consultado 27 nov. 2015. Disponible en <http://bit.ly/1TpHEmD>
2. Frank, JH; Foltz, JL. 1997. Classical biological control of pest insects of trees in the southern United States; A review and recommendations (en línea). Florida, US, Universidad de Florida, Departamento de Entomología y Nematología. Consultado 27 nov. 2015. Disponible en <http://bit.ly/1HBN9x9>

3. Márquez, JM. 2012. Manejo integrado de plagas. *In* Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinosa, R. (eds.). El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Artemis Edinter. p. 203-232.
4. Parry, D. 1995. Larval and pupal parasitism of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* Hübner (Lepidoptera: Lasiocampidae), in Alberta, Canada. *The Canadian Entomologist* 127:877-893. Consultado 27 nov. 2016. Disponible en 10.4039/Ent127877-6
5. R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. Consultado 27 nov. 2016. Disponible en <https://www.R-project.org/>

8. Anexos

Cuadro 22A. Resultados de la variable respuesta porcentaje de entrenudos barrenados en los cuatro tratamientos evaluados.

Adultos de <i>Aprostocetus esurus</i> liberados	Bloque								Media
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1,200 I. liberados	12.98	9.68	36.06	16.98	24.44	21.87	24.37	10.76	19.64
6,000 I. liberados	14.18	19.68	18.59	14.79	11.93	21.97	21.90	21.98	18.13
12,000 I. liberados	14.93	20.57	19.84	29.38	23.26	33.39	24.67	14.76	22.60
0 I. Liberados	24.00	21.99	16.26	20.51	20.15	22.45	15.24	25.51	20.76

Cuadro 23A. Análisis de varianza para la variable porcentaje de entrenudos barrenados.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	Valor de p
Tratamiento	85.28	3	28.43	0.71	0.5557
Bloques	210.43	7	30.06	0.75	0.6314
Error	838.43	21	39.93		
Total	1134.15	31			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados
C.M.: cuadrados medios F: valor de F calculado. Coeficiente de variación: 31.15 %

Cuadro 24A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de entrenudos barrenados.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	
W = 0.95407	Valor de p = 0.1879

Cuadro 25A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la Prueba de Durbin Watson para la verificación del supuesto de independencia de los residuos de la variable porcentaje de entrenudos dañados.

lag	Autocorrelación	Estadístico DW	valor de p
1	-0.3040949	2.543373	0.392
Hipótesis alterna rho!=0			

Cuadro 26A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la prueba de C de Cochran para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas para los residuos del porcentaje de entrenudos dañados.

C	df	k	Valor de p
0.52392	8	4	0.063
Hipótesis alterna: El tratamiento 1 (T1) presenta una varianza diferente			
Muestras estimadas			
T1	T2	T3	T4
78.5	15.9	42.7	12.7

Cuadro 27A. Resultados de la variable respuesta rendimiento proyectado en toneladas de caña por hectárea.

Adultos de <i>Aprostocetus esurus</i> liberados	Bloque								Media
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1,200 I. liberados	56.57	60.61	54.55	18.18	46.46	44.44	48.48	16.16	43.18
6,000 I. liberados	56.57	68.69	78.79	52.53	78.79	46.46	62.63	36.36	60.10
12,000 I. liberados	52.53	52.53	60.61	42.42	48.48	58.59	76.77	34.34	53.28
0 I. Liberados	46.46	64.65	45.45	47.47	52.53	48.48	48.48	31.31	48.11

Cuadro 28A. Análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	Valor de p
Tratamientos	1259.84	3	419.95	4.80	0.0107
Bloque	3487.40	7	498.20	5.69	0.0009
Error	1839.08	21	87.58		
Total	6586.31	31			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados
C.M.: cuadrados medios F: valor de F calculado. Coeficiente de variación: 18.28 %

Cuadro 29A. Resultados de la prueba de comparación de medias empleando el criterio de Scott & Knott ($\alpha = 0.05$).

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Grupo Scott & Knott
6,000 <i>Aprostocetus</i> liberados	60.10	8	3.31	a
12,000 <i>Aprostocetus</i> liberados	53.28	8	3.31	a
0 <i>Aprostocetus</i> liberados	48.10	8	3.31	b
1,200 <i>Aprostocetus</i> liberados	43.18	8	3.31	b

Cuadro 30A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la prueba de normalidad de los residuos de la variable toneladas de caña por hectárea.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	
W = 0.9785	Valor de p = 0.7549

Cuadro 31A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la Prueba de Durbin Watson para la verificación del supuesto de independencia de los residuos de la variable toneladas de caña por hectárea.

lag	Autocorrelación	Estadístico DW	Valor de p
1	-0.03432655	1.983748	0.596
Hipótesis alterna rho!=0			

Cuadro 32A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la prueba de C de Cochran para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas para los residuos de la variable toneladas de caña por hectárea.

C	df	k	Valor de p
0.37696	8	4	0.5485
Hipótesis alterna: El tratamiento 1 (T1) presenta una varianza diferente			
Muestras estimadas			
T1	T2	T3	T4
286.8	162.1	228.3	83.7

Cuadro 33A. Resultados de la variable respuesta toneladas de azúcar por hectárea proyectados en los 4 tratamientos evaluados.

Adultos de <i>Aprostocetus esurus</i> liberados	Bloque								Media
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1,200 I. liberados	5.128	6.058	5.498	1.235	3.906	4.090	4.235	1.126	3.910
6,000 I. liberados	4.724	4.269	8.033	4.038	5.172	2.947	4.907	2.522	4.576
12,000 I. liberados	5.422	5.375	6.711	3.660	3.337	4.859	7.059	2.218	4.830
0 I. Liberados	3.372	4.464	3.219	2.848	3.018	2.736	2.810	2.448	3.115

I. Liberados: Individuos de *Aprostocetus esurus* liberados.

Cuadro 34A. Análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar por hectárea.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	Valor de p
Tratamiento	14.14	3	4.71	4.14	0.0188
Bloque	41.67	7	5.95	5.22	0.0014
Error	23.93	21	1.14		
Total	79.73	31			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados
C.M.: cuadrados medios F: valor de F calculado. Coeficiente de variación: 25.99 %

Cuadro 35A. Resultados de la prueba de comparación de medias empleando el criterio de Scott & Knott ($\alpha = 0.05$).

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Grupo Scott & Knott
12,000 <i>Aprostocetus</i> liberados	4.83	8	0.38	a
6,000 <i>Aprostocetus</i> liberados	4.58	8	0.38	a
1,200 <i>Aprostocetus</i> liberados	3.91	8	0.38	b
0 <i>Aprostocetus</i> Liberados	3.11	8	0.38	b

Cuadro 36A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la prueba de normalidad de los residuos de la variable toneladas de azúcar por hectárea.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	
W = 0.98103	Valor de p = 0.829

Cuadro 37A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la Prueba de Durbin Watson para la verificación del supuesto de independencia de los residuos de la variable toneladas de azúcar por hectárea.

lag	Autocorrelación	Estadístico DW	Valor de p
1	-0.1580099	2.219572	0.926
Hipótesis alterna rho!=0			

Cuadro 38A. Salida generada por R versión 3.4.0 de la prueba de C de Cochran para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas para los residuos de la variable toneladas de azúcar por hectárea.

C	df	k	Valor de p
0.36079	8	4	0.6601
Hipótesis alterna: El tratamiento 1 (T1) presenta una varianza diferente			
Muestras estimadas			
T1	T2	T3	T4
3.38	2.81	2.79	0.38

Anexo 3 del capítulo III. Evaluación de tres dosis de Thiamethoxam en tres distintas edades del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) replicados en las tres épocas del ciclo de cultivo, para el control de la Chinche salivosa (*Aeneolamia postica*).

1. Resumen

La presente investigación se planteó como parte de la continua búsqueda de mejoras en el manejo de la chinche salivosa (*Aeneolamia postica*) en el cultivo de caña de azúcar, debido al gran impacto que puede ejercer en el cultivo. Se aplicó tres dosis de Thiamethoxam (Actara® 25 WG) en tres distintas edades del cultivo. La investigación fue conducida bajo un diseño de bloques completos al azar en un arreglo de parcelas divididas, donde cada unidad experimental constó de 12 surcos por el largo del lote (185 m), teniendo un total de 12 tratamientos y tres repeticiones con lo cual se tuvieron 36 unidades experimentales. Para poder observar el efecto de los tratamientos se estimó mediante a muestreos cuantificando la cantidad de ninfas por tallo y número de adultos por tallo de chinche salivosa, también se planteó cuantificar el efecto de los dos factores evaluados en el rendimiento del cultivo, sin embargo, a lo largo del periodo de ejecución del ensayo la cantidad de plaga fue cercano a cero, por lo que los tratamientos no tuvieron la condición para expresar su potencial efecto sobre las poblaciones de chinche salivosa así mismo en el rendimiento.

El ensayo se realizó en los lotes 2.18 y 2.19 de la finca Carrizal, ubicada en la aldea del mismo nombre, pertenecientes al municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, del departamento de Escuintla. Esta finca se encuentra a una elevación de 70 m s.n.m. en las coordenadas: Latitud 14° 11' 37.60" Norte, Longitud 91° 8' 2.54" Oeste. Con precipitaciones que oscilan entre los 1500 a 2000 mm anuales, distribuidos de mayo a octubre principalmente.

2. Objetivos

1. Cuantificar el efecto de la dosis y la edad del cultivo en que se aplica Thiamethoxam sobre la cantidad de ninfas por tallo de chinche salivosa.
2. Cuantificar el efecto de la dosis y la edad del cultivo en que se aplica Thiamethoxam sobre la cantidad de adultos por tallo de chinche salivosa.
3. Cuantificar el efecto de la dosis y la edad del cultivo en que se aplica Thiamethoxam sobre la cantidad de individuo por tallo de chinche salivosa.
4. Determinar el efecto de la aplicación de Thiamethoxam en tres distintas edades sobre el rendimiento del cultivo en Toneladas de caña por.

3. Metodología

Para el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas, evaluando los factores dosis de Thiamethoxam (Actara® 25 WG) y edad del cultivo en que se aplicara dicho producto.

Se evaluaron 3 dosis de Thiamethoxam (Actara® 25 WG), aplicándolos en tres edades del ciclo del cultivo, como se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos utilizados

Tratamiento	edad de aplicación	gramos/hectárea de Thiamethoxam	fecha de aplicación
1	120 d.d.c.	Testigo	22 de abril 2015
2	120 d.d.c.	150	
3	120 d.d.c.	225	
4	120 d.d.c.	300	
5	150 d.d.c	Testigo	21 de mayo 2015
6	150 d.d.c	150	
7	150 d.d.c	225	
8	150 d.d.c	300	
9	180 d.d.c	Testigo	18 de junio de 2015
10	180 d.d.c	600	
11	180 d.d.c	900	
12	180 d.d.c	1200	

*d.d.c.: días después de corte.

El tamaño de cada unidad experimental fue de 18 m de ancho (12 surcos) y un largo de surco de aproximadamente 185 m, teniendo un total de 12 tratamientos y tres repeticiones, para tener un total de 36 unidades experimentales, esto para conocer la dinámica poblacional de la plaga cuando es sometido al efecto de Thiamethoxam en las diferentes edades del cultivo.

La toma de datos en cada unidad experimental se realizó únicamente en los 6 surcos centrales, dejando un efecto de borde de 3 surcos a cada lado, esto para evitar el efecto de las migraciones de los insectos adultos. Para cada unidad experimental se utilizó un área de 0.333 ha, para un total de 11.98 ha.

La aplicación del producto se realizó con bombas Maruyama, éstas se calibraron para una descarga de 200 L/ha, la aplicación fue dirigida hacia el tallo y al suelo para que el producto fuese absorbido por las raíces.

El experimento fue estableciendo en la Finca Carrizal, en los lotes 2-18 y 2-19, en dichos lotes se tiene la variedad CP88 115 con un total de 5 cortes, y la distribución espacial se muestra en la figura 1.

0 g/ha	900 g/ha	600 g/ha	1200 g/ha	900 g/ha	1200 g/ha	600 g/ha	0 g/ha	600 g/ha	0 g/ha	1200 g/ha	900 g/ha	600 g/ha	900 g/ha	0 g/ha	1200 g/ha	0 g/ha	600 /ha	900 g/ha	1200 g/ha	0 g/ha	1200 g/ha	600 g/ha	900 g/ha	900 g/ha	0 g/ha	600 g/ha	1200 g/ha	1200 g/ha	0 g/ha	900 g/ha	600 g/ha	1200 g/ha	600 /ha	900 g/ha	0 g/ha		
120 d.d.c.	180 d.d.c	150 d.d.c	150 d.d.c.	120 d.d.c	180 d.d.c	150 d.d.c.	180d.d.c	120 d.d.c																													
Repetición I									Repetición II									Repetición III																			

d.d.c.: días después de corte

Figura 7. Distribución espacial de la investigación

Los criterios para la elección de los lotes experimentales fueron: Presencia histórica de plaga, largo de surcos uniforme, crecimiento de plantas uniforme, susceptibilidad de la variedad.

Variables medidas:

Cantidad de ninfas de chinche salivosa por tallo

Cantidad de adultos de chinche salivosa por tallo

Cantidad de individuos de chinche salivosa por tallo

Para conocer el número de ninfas por tallo, adultos por tallo e individuos por tallos se realizó muestreos periódicos de 15 días.

Para cada unidad experimental se tomó 3 puntos de muestreo, siendo estos a los 25, 90 y a los 160 metros, cada punto de muestreo fue de tres metros lineales, en los cuales se cuenta los adultos y ninfas de chinche salivosa, y se realiza el conteo del número de tallos.

4. Resultados y discusión

La cantidad de ninfas y adultos por tallo encontradas en los muestreos realizados fueron muy bajas por lo que los distintos tratamientos no tuvieron la condición de expresar su potencial efecto sobre la chinche salivosa, inclusive el testigo presento cantidades de individuos por tallo similares a los demás tratamientos.

En los primeros tres muestreos realizados se encontró un número de ninfas y adultos muy bajos (menor a 0.03 individuos), sin llegar al umbral económico 0.05 a 0.1 ninfas y adultos por tallo (Melgar et al, 2010), a partir de julio se encontraron valores menores a 0.005 de ninfas y adultos por tallo (figuras 2A, 3A y 4A).

Al realizar el análisis de varianza no se encontró diferencias significativas para ninguna de las variables estudiadas por la baja incidencia en general de la plaga.

El inicio de la temporada de lluvias es el evento que marca la pauta para que los huevecillos diapáusicos eclosionen y así dar origen al estado ninfal de la chinche salivosa. Independientemente de la condición hídrica de la región cañera que se trate, ya sea de riego o de temporal, la temporada de lluvias es fundamental para que se presente la chinche salivosa (Flores 1994, Enríquez *et al.* 2002, García *et al.*, 2006), como se puede observar en la figura 5A la precipitación pudo ser una de los principales factores que influyeron en que la plaga no se hiciera presente, a pesar de haber elegido establecer el ensayo en un lote con historial de alta incidencia de esta plaga, entre las consideraciones iniciales al momento de elegir los lotes 2.18 y 2.19 de la finca carrizal es que en estos está cultivado una variedad que tiende a ser afectado por esta plaga, sin embargo no se hizo presente. En el año 2015 el ingenio la unión reportó una reducción general de la cantidad de chinche salivosa en comparación de los años 2013 y 2014 (figura 6A). Otros de los factores que podrían explicarla ausencia de plaga para esta temporada en ese lote, es la ausencia de huevecillos diapausicos, a causa de un buen manejo de las labores en la temporada anterior.

5. Conclusión

No se hizo presente la plaga, por lo que no se logró medir ninguno de los objetivos planteados, debido a que los tratamientos no tuvieron la oportunidad de mostrar su potencia efecto sobre la plaga. La causa de esta puede ser la combinación de varios factores como las labores que se realizaron un año anterior al establecimiento del ensayo y el atraso del inicio de la época lluviosa entre otros.

6. Literatura citada

1. Enríquez, Q; Meléndez, N; Bolaños, A. 2002. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. México, INIFAP, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Campo Experimental Papaloapan. 262 p. (Libro Técnico no. 7).
2. Flores Cáceres, S. 1994. Las plagas de la caña de azúcar en México. México, Oreal. 350 p.
3. García, C; López, J; Nava Tablada, M; Villanueva Jiménez, J; Vera Graziano, J. 2006. Modelo de predicción de riesgo de daño de la mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Hemiptera: Cercopidae). Neotropical Entomology 35:677-688.
4. Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinosa, R. 2010. Cultivo de caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Artemis Edinter. 502 p

7. Anexos

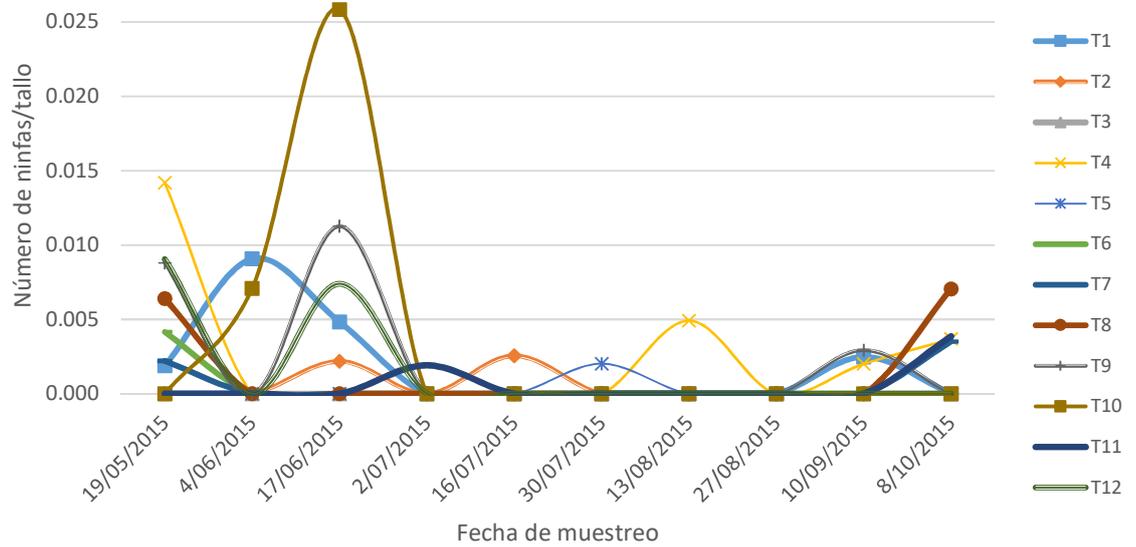


Figura 8A. Comportamiento del número de ninfas de chinche salivosa por tallo en cada muestreo realizado.

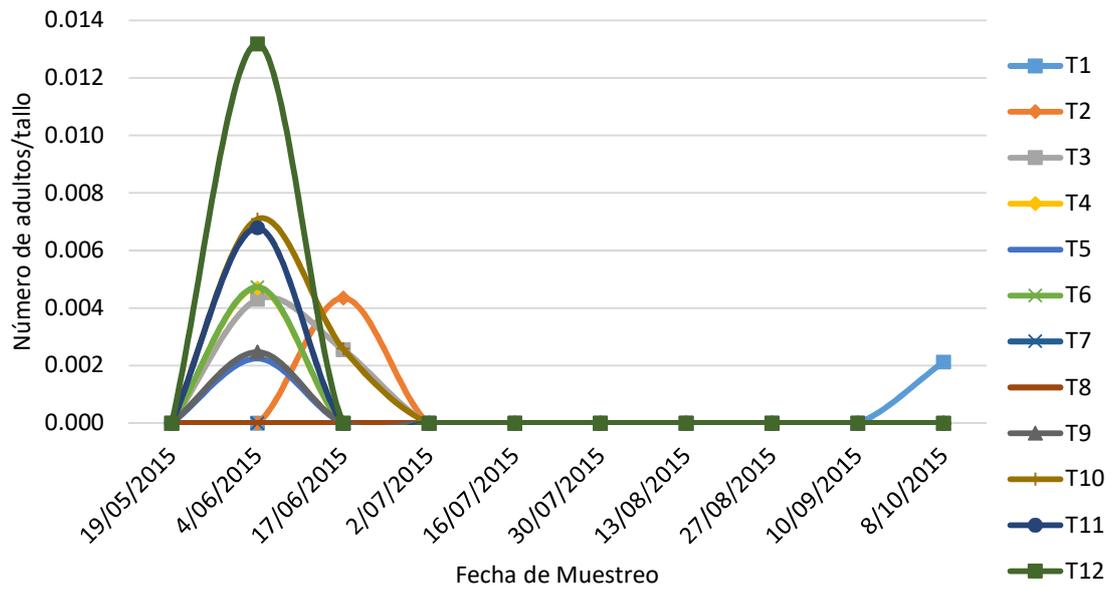


Figura 9A. Comportamiento del número de adultos de chinche salivosa por tallo en cada muestreo realizado.

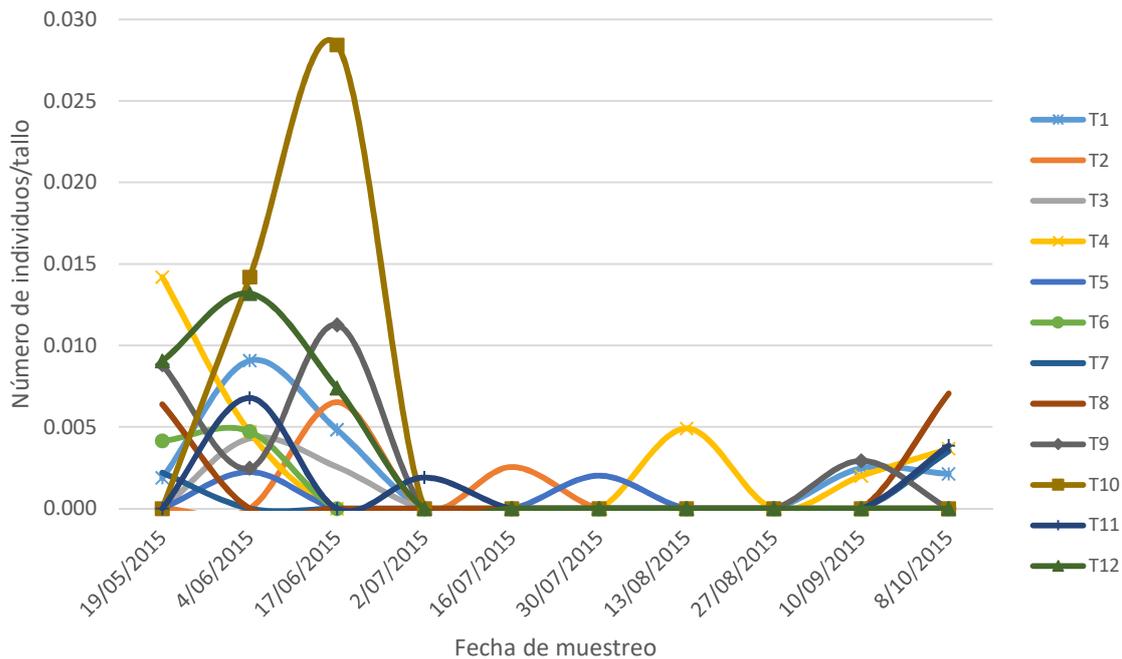


Figura 10A. Comportamiento del número de adultos de chinche salivosa por tallo en cada muestreo realizado.

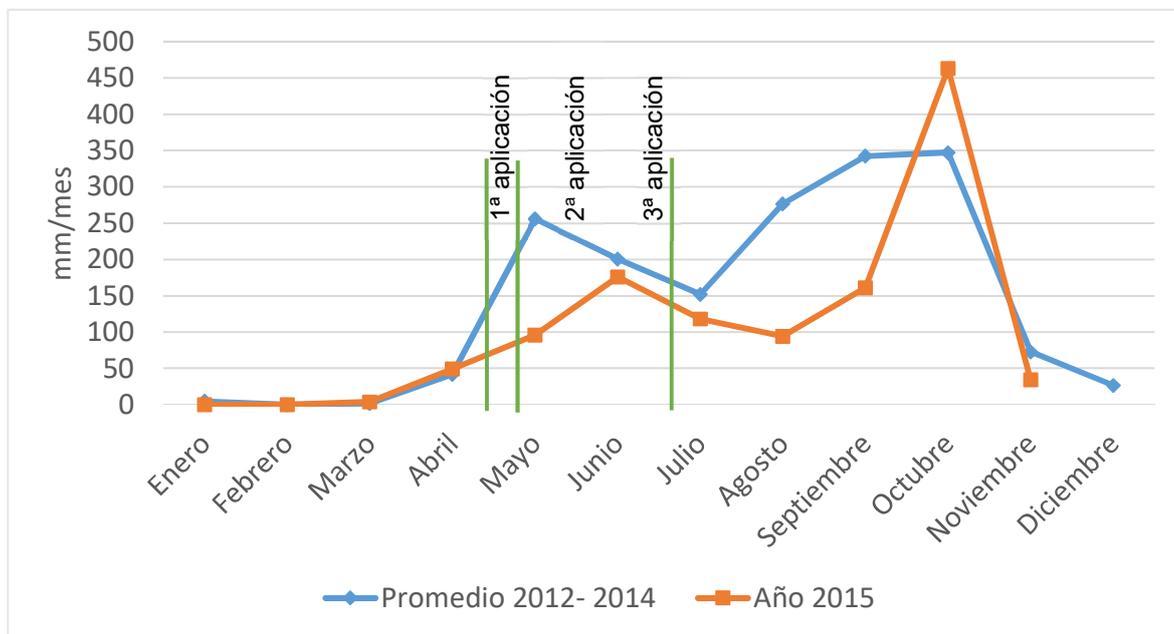


Figura 11A. Comparación del promedio de la precipitación mensual de los años 2012-2014 contra la precipitación del año 2015.

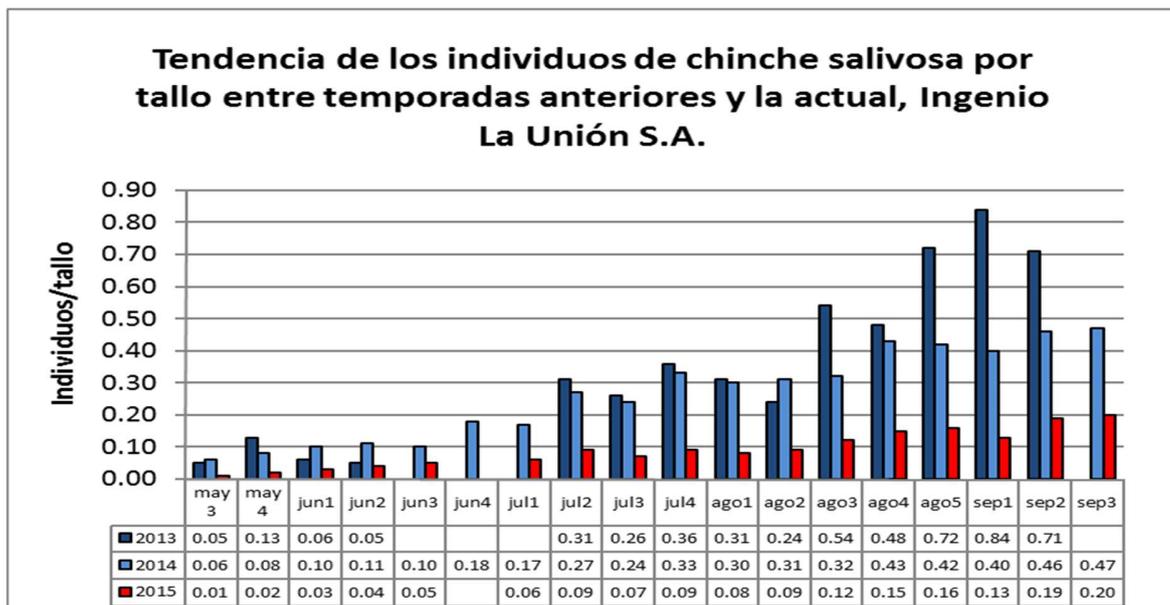


Figura 12A. Promedio general del número de individuos de chinche salivosa por tallo, de los años 2013-2015

Anexo 4 del capítulo III. Evaluación de alternativas botánicas para el control de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*).

1 Resumen

Debido a que la rata ha sido una plaga importante desde inicios de la civilización humana, a lo largo del tiempo las personas han reportado distintos productos botánicos para su control, por lo que se evaluó alternativas en condiciones controladas, para detectar posibles formas de control que puedan ser aplicados en el campo en condiciones del cultivo de la caña de azúcar. Se realizaron tres pruebas evaluando en cada una de ellas 7 posibles materiales con acción rodenticida, incluyendo el tratamiento testigo cada prueba consto de 8 tratamientos, con 8 repeticiones, para un total de 64 unidades experimentales, cada unidad experimental constó de una rata. Después de capturar en campo las ratas se dejó un periodo de cuarentena de 14 días en las que se las alimentó con maíz y su respectivo suministro de agua, esto para evitar incluir en el ensayo ratas enfermas del campo. Se utilizó un diseño completamente al azar, donde se midió los pesos iniciales y finales de las ratas, se tenía planificado cuantificar la mortalidad, sin embargo, los productos evaluados no fueron capaces de matar a las ratas.

El experimento se realizó en la Finca Belén la cual se ubica en el kilómetro 95 de la carretera que conduce a Cerro Colorado, en el Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Palabras claves: Rodenticidas botánicos, Rata cañera, *Sigmodon hispidus*

2 Introducción

La rata al ser una de las principales plagas del cultivo de caña de azúcar es importante la evaluación de distintas alternativas que se conocen producto de la observación y experimentación de la humanidad a lo largo del tiempo, con lo cual se pretendió identificar una posible opción de control de las ratas, a manera de diversificar las formas de control de esta plaga y no depender de los productos sintéticos.

3 Objetivos

1. Determinar el efecto de los materiales evaluados sobre la variación en el peso de las ratas en un periodo de 14 días
2. Determinar la efectividad como rodenticida de las alternativas botánicas

4 Metodología

Todos los vegetales fueron colectados en marzo, a excepción de las semillas de higuierillo, estas fueron colectadas en mayo. Un día antes de suministrar los tratamientos a las ratas se les retiró el alimento (maíz), brindándoles únicamente agua, esto para provocar hambre y así obligar a las ratas al consumo de los cebos preparados, en cada ensayo se les suministro a las ratas 12 g de los tratamientos correspondiente según la aleatorización, los

cebos se expusieron a las ratas durante 24 h, luego se retiró y se cuantificó el alimento no consumido, para después determinar la cantidad de alimento consumido.

4.1 Ensayo 1

Inicialmente se capturaron 64 ratas del campo, una vez completadas la cantidad de ratas necesarias, se dejó pasar un lapso de 14 días en donde se tuvo a las ratas en un período de observación, alimentándolas únicamente con maíz, esto para asegurar que todas las ratas estén en una adecuada condición. En el primer ensayo se evaluaron 7 alternativas botánicas, las cuales se describen en el cuadro 1.

Cuadro 6. Descripción de posibles alimentos con efecto rodenticida evaluados en la primera prueba.

Tratamiento	Descripción
1	Extracto alcohólica de madre cacao (<i>Gliricidia sepium</i>)
2	Extracto acuoso de madre cacao (<i>Gliricidia sepium</i>)
3	Flores molidas de madre cacao (<i>Gliricidia sepium</i>)
4	Extracto de hojas de higuierillo (<i>Ricinus communis</i>)
5	Extracto de lantana (<i>Lantana camara</i>)
6	Extracto de lantana (<i>Lantana camara</i>) más higuierillo
7	Mezcla de maíz con semillas de pito (<i>Erythrina americana</i>)
8	Control (semillas de maíz)

4.1.1 Preparación de tratamientos

A. Extracto alcohólico de madre cacao (*Gliricidia sepium*)

Se colectaron hojas de madre cacao, fueron expuestas al sol para secarlas durante 5 días. Para preparar la solución alcohólica de madre cacao se tomó 300 mL de alcohol al 95 % y fue vertida en un erlenmeyer de 500 mL, posteriormente se agregó 60 g de hojas secas pulverizadas de madre cacao, se dejó reposar durante 2 h y se colocó en una estufa con agitador a una temperatura menor de 50 °C para evaporar el alcohol y llevarlo a un volumen de 160 mL de los cuales se utilizó un volumen de 45 mL para una cantidad de 200 g de maíz, para finalizar se dejó reposar 30 minutos y se trasladó a un horno donde se expuso durante 8 h a una temperatura de 50 °C, esto para evaporar la mayor cantidad de la solución que se le agregó al maíz, finalmente se le añadió un 20 % de harina de pescado.

4.1.1.1 Extracto acuoso de madre cacao (*Gliricidia sepium*)

En un erlenmeyer se agregó 48 g de hojas secas y pulverizadas de madre cacao luego se añadió 300 mL de agua y se dejó reposar por 2 h, después se colocó la solución durante un minuto en un microondas.

Se tomó 200 g de maíz, se le agregó 60 mL de la solución preparada, para finalizar se dejó reposar 30 minutos y se trasladó a un horno donde se expuso durante 8 h a

una temperatura de 50 °C, esto para evaporar la mayor cantidad de la solución que se le agregó al maíz, finalmente se le añadió un 20 % de harina de pescado.

4.1.1.2 Flores molidas de madrecaao (*Gliricidia sepium*)

Después de colectadas las flores de madrecaao (*Gliricidia sepium*) se colocaron en una caja plástica a manera de que perdieran humedad lentamente hasta secarse al exponerlas al sol, las flores se secaron en 4 días. Se eliminaron los receptáculos y las secciones de tallo para facilitar lo molienda. La molienda se realizó con un molino manual.

Para la formulación de este tratamiento se utilizó un 20 % de flores molidas de madrecaao, 20 % de harina de pescado y 60 % de maíz. Después de pesar todos los componentes en la proporción indicada, se trasladó el maíz a una bolsa plástica y se agregó al maíz un volumen de agua equivalente al 20 % del peso del maíz, posteriormente se adicionó las flores molidas de madrecaao, se mezcló realizando movimientos bruscos durante 4 minutos y por último se añadió la harina de pescado.

Para finalizar se pesó la cantidad necesaria para cada cebo, el cual fue de 12 g y estas se colocaron en pequeñas bolsas transparentes.

4.1.1.3 Extracto de lantana (*Lantana camara*)

Posterior a la colectado las plantas de lantana se procedió a secarlas, esto se realizó durante 3 días exponiéndolas al sol, se eliminaron los tallos dejando únicamente hojas, frutos y flores a manera de facilitar la molienda. La molienda se realizó con un molino manual.

Para realizar la solución se agregó 300 mL de alcohol al 50 % en un erlenmeyer de 500 ml, se añadió 80 g de hojas secas y pulverizadas de lantana, se colocó en una estufa con agitador por 2 h a una temperatura menor a 50 °C, esto para evitar la degradación de los compuestos.

Para la formulación del tratamiento inicialmente se pesó 200 g de maíz luego se tomó 60 mL de la solución preparada y se le agregó al maíz. Se dejó reposar 30 minutos y se trasladó a un horno, se expuso 10 h a una temperatura de 50 °C, esto para evaporar la mayor cantidad de agua posible y finalmente se le añadió un 20 % de harina de pescado y 10 g de hojas secas y pulverizadas de lantana esto para asegurar la acción del producto.

4.1.1.4 Extracto de lantana (*Lantana camara*) más higuierillo (*Ricinus communis*)

Para la elaboración de este tratamiento, se le añadió a 170 g de maíz un volumen de 30 mL de la solución preparada de higuierillo, más 20 mL de la solución de lantana. Se dejó reposar 30 minutos y se trasladó a un horno por 10 h a una temperatura de

50 °C, esto para evaporar la mayor cantidad de agua posible y finalmente se le añadió un 20 % de harina de pescado.

4.1.1.5 Mezcla de maíz con semillas de pito (*Erythrina americana*)

Después colectadas las semillas de pito, se expusieron al sol a manera de reducir la humedad en estas, esto por 7 días, posteriormente se separaron las semillas de sus correspondientes vainas, para luego ser molidas en un molino manual. Es importante reducir al mínimo la humedad de las semillas para que sea posible la molienda.

Para la formulación del cebo se utilizó la proporción en base a peso siguiente: 35 % de semillas de pito, 45 % de maíz y 20 % de harina de pescado. Para realizar la mezcla se añadieron los materiales en una bolsa plástica, la mezcla consistió en realizar movimientos bruscos durante 3 minutos.

4.1.1.6 Extracto de hojas de higuierillo (*Ricinus communis*)

Se colectaron hojas de higuierillo, ya estando secas se procedió a molerlas con un molino manual. Para la preparación de la solución se tomó 500 mL de agua, se colocó en un erlenmeyer, luego se agregó 100 g de hojas secas y pulverizadas de higuierillo, se colocó en una estufa con agitador y se llevó a hervor, se hirvió por 10 minutos, se obtuvo 300 mL de solución de los cuales se tomaron 80 mL y se fue añadido a 165 g de maíz. Se dejó reposar 30 minutos y se trasladó a un horno por 10 h a una temperatura de 50 °C, esto para evaporar la mayor cantidad de agua posible y finalmente se le añadió un 20 % de harina de pescado y 10 g de hojas secas y pulverizadas de higuierillo esto para asegurar la acción del producto.

4.1.1.7 Control

El tratamiento control únicamente consistió en proporcionarles a las ratas, maíz en una cantidad igual al peso de los cebos que fue de 12 g.

4.2 Ensayo 2

Seguidamente se evaluaron las siguientes 7 alternativas botánicas, los cuales son descritos en el cuadro 2.

Cuadro 7. Descripción de posibles alimentos con efecto rodenticida, evaluados en el segundo ensayo.

Tratamiento	Descripción
1	Semilla de higuierillo más maíz
2	Extracto de lantana, semilla de higuierillo, semilla de aguacate y maíz
3	Semilla de aguacate más maíz
4	Lantana más maíz
5	Frijol rojo más maíz
6	Frijol blanco más maíz
7	Frijol negro más maíz
8	Control (maíz)

Se utilizaron 64 ratas colectadas del campo, cada unidad experimental constó de una rata, con un total de 8 repeticiones, Se utilizó el diseño completamente al azar, debido a que las condiciones fueron controladas. Después del periodo de cuarentena se les suministro los tratamientos señalados en el cuadro 2.

4.2.1 Preparación de tratamientos

Como atrayente para todos los tratamientos se utilizó agua azucarada con extracto de vainilla. Para la preparación de esta solución se utilizó para cada 200 mL de agua, 12 mL de extracto de vainilla y 40 g de azúcar. A cada tratamiento se le agrego un 10 % del peso de la mezcla preparado en peso de solución de agua azucarada más vainilla.

A. Semilla de higuierillo más maíz

Las semillas de higuierillo colectadas se maceraron y se mezclaron con maíz en una proporción 2:1 respectivamente, a cada rata se le suministro 12 g de la mezcla realizada.

B. Extracto de lantana, semilla de higuierillo, semilla de aguacate y maíz

Se mezcló semilla triturada de higuierillo y maíz en una proporción 2:1 respectivamente, finalmente se le agrego 10 % del peso de la mezcla en peso de extracto acuoso de lantana (se utilizó la misma proporción realizada para el primer experimento).

C. Semilla de aguacate más maíz

Se colectó semillas de aguacate, se fraccionaron con un cuchillo, luego se expusieron a un secado a temperatura ambiente (bajo sombra), posteriormente se pulverizó y se mezcló con maíz en una proporción de 2:1.

D. Lantana más maíz

Se utilizó hojas pulverizadas de lantana mezcladas con maíz, se utilizó una proporción de 2:1

E. Frijol rojo más maíz

Se trituró semillas de frijol rojo y se mezcló con maíz en una proporción 2:1.

F. Frijol blanco más maíz

Se trituró semillas de frijol blanco y se mezcló con maíz en una proporción 2:1.

G. Frijol negro más maíz

Se trituró semillas de frijol rojo y se mezcló con maíz en una proporción 2:1.

H. Control (maíz)

4.3 Ensayo 3

A continuación, se presenta los tratamientos evaluados en el tercer ensayo realizado. Se utilizaron 64 ratas, cada unidad experimental consto de una rata, realizando un total de 8 repeticiones, se empleó el diseño completamente al azar.

Tabla 2. Descripción de tratamientos evaluados en el tercer ensayo.

Tratamiento	Descripción
1	Hojas pulverizadas de lantana más harina de maíz
2	Tortillas a base de lantana
3	Semillas trituradas de higuierillo
4	Semillas trituradas de higuierillo más lantana
5	Hojas pulverizadas de madrecaao más harina de maíz
6	Tortillas a base de madrecaao
7	Tortilla de harina de maíz más harina de frijol
8	Testigo

4.3.1 Preparación de tratamientos

Como atrayente para todos los tratamientos se utilizó agua azucarada con extracto de vainilla. Para la preparación de esta solución se utilizó para cada 100 mL de agua, 5 mL de extracto de vainilla y 20 g de azúcar. A cada tratamiento se le agrego antes de suministrarse a las ratas un 10 % del peso de la mezcla preparado en peso de solución de agua azucarada más vainilla.

A. Hojas pulverizadas de lantana más harina de maíz

Se pulverizo hojas secas de lantana y se mezcló con harina de maíz en una proporción de 2:1

B. Tortillas a base de lantana

Se preparó una masa con harina de maíz y hojas secas pulverizadas de lantana en una proporción de 1:1, luego se procedió a realizar las tortillas sobre un recipiente metálico.

C. Semillas trituradas de higuierillo

Las semillas de higuierillo fueron trituradas y suministradas a las ratas.

D. Semillas trituradas de higuierillo más lantana

Se mezcló semillas trituradas de higuierillo y hojas pulverizadas de lantana, en una proporción de 3:1.

E. Hojas pulverizadas de madrecaao más harina de maíz

Se pulverizó hojas secas de lantana y se mezcló con harina de maíz en una proporción de 2:1

F. Tortillas a base de madrecaao

Se preparó una masa con harina de maíz y hojas secas pulverizadas de madrecaao en una proporción de 1:1, luego se procedió a realizar las tortillas sobre un recipiente metálico.

G. Tortilla de harina de maíz más harina de frijol

Se preparó una masa con harina de maíz y harina de frijol negro en una proporción de 1:1, luego se procedió a realizar las tortillas sobre un recipiente metálico.

H. Testigo

Harina de maíz

5 Resultados

5.1 Ensayo 1

Para poder analizar los datos de las diferencias del peso de las ratas antes de aplicar los tratamientos y 14 días después de aplicado los tratamientos, se convirtió esta diferencia de peso a porcentaje tomando como referencia el peso inicial de las ratas, esto debido a que se observó diferencias drásticas entre el peso de las ratas.

Las diferencias de peso en promedio para cada tratamiento se muestran en la figura 1, donde se observa que en la mayoría de los tratamientos las ratas incrementaron su peso, lo cual puede ser un indicador de que los materiales evaluados tuvieron un leve efecto sobre las ratas. El tratamiento que con menos incremento de peso fue donde se aplicó una mezcla de maíz con semillas de Erithrina.

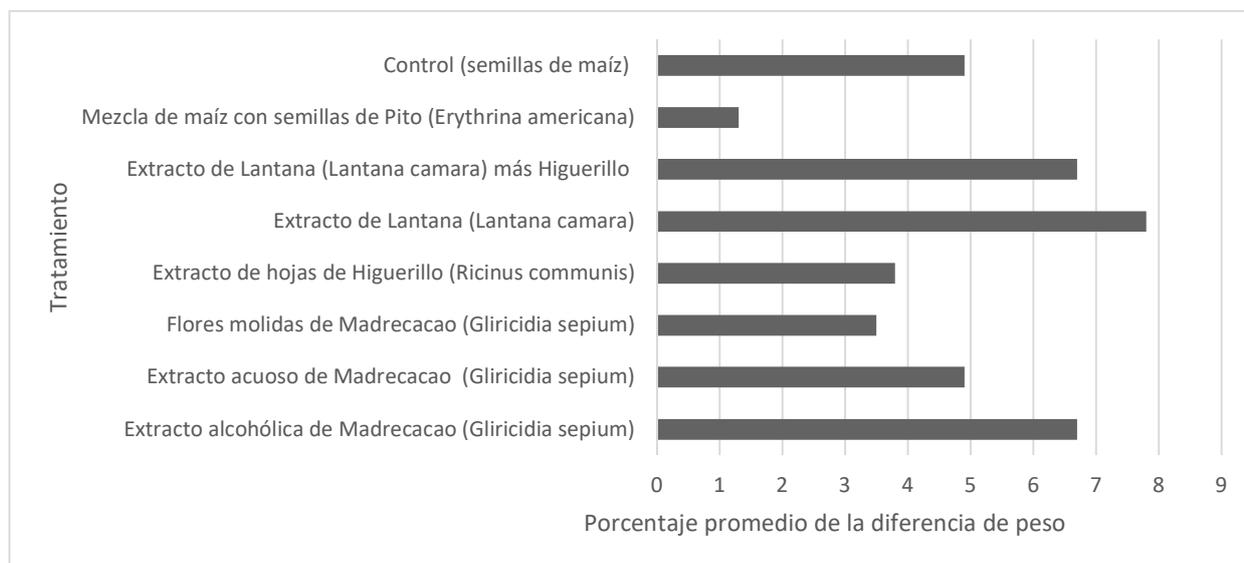


Figura 13. Diferencias promedio de la diferencia de peso en porcentaje de las ratas del primer ensayo.

Con los datos obtenidos de cada rata (ver cuadro 3A) se realizó un análisis de varianza donde se determinó que ninguno de los tratamientos produce diferencias estadísticamente significativo en el porcentaje de la diferencia del peso de las ratas después de haber aplicado los tratamientos (ver cuadro 5A), Debido a que p-valor el mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Por lo que no fue necesario la realización de una prueba múltiple de medias.

5.2 Ensayo 2

En la figura 2 se muestra los resultados del segundo ensayo realizado en la evaluación de alternativas botánicas para el control de la rata cañera. Determinando que ninguno de los materiales evaluados produjo mortalidad, además de la mortalidad se observó también el comportamiento del peso de las ratas y la cantidad del alimento consumido.

Se observó que todos los frijoles provocaron desordenes intestinales en las ratas, durante una semana, logrando después recuperarse y al final del período de evaluación (12 días) se tomó el peso nuevamente observando que las ratas de igual forma incrementaron su peso a pesar de las diarreas causadas por los frijoles.

Para el caso del tratamiento extracto de lantana, semilla de higuierillo, semilla de aguacate más maíz, se presentó una reducción en la diferencia del peso de las ratas en porcentaje durante la ejecución de la prueba, aunque este fue uno del tratamiento que menos consumieron las ratas.

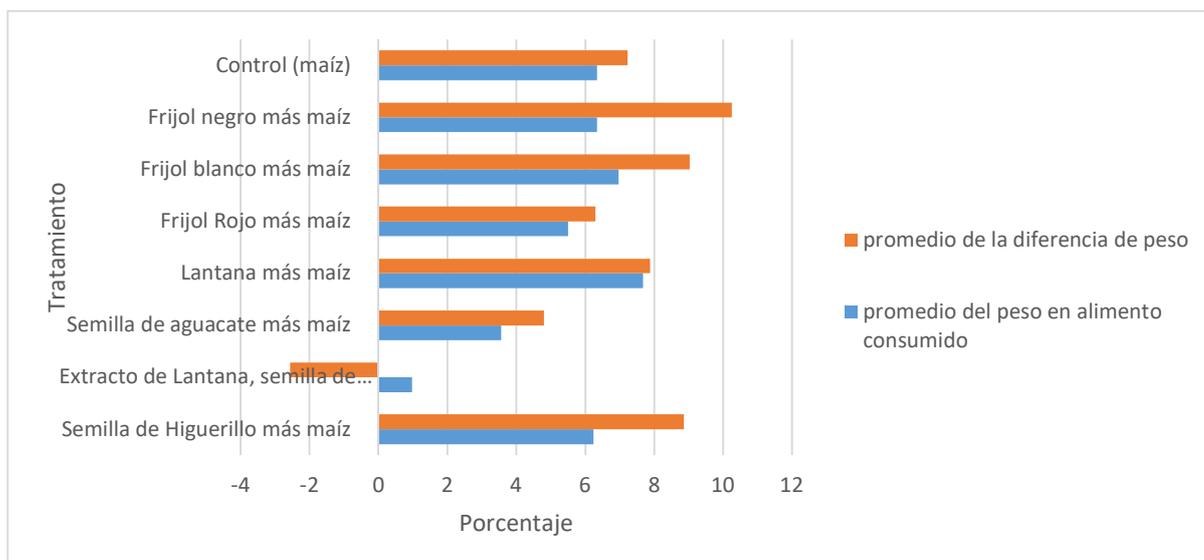


Figura 14. Diferencias promedio de la diferencia de peso en porcentaje de las ratas del segundo ensayo.

Con los datos obtenidos del segundo ensayo (ver cuadro 6A) se realizó un análisis de varianza donde se determinó que ninguno de los tratamientos produce diferencias estadísticamente significativo en el porcentaje de diferencia del peso de las ratas después de haber aplicado los tratamientos (ver cuadro 8A), Debido a que p-valor el mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Por lo que no fue necesario la realización de una prueba múltiple de medias.

5.3 Ensayo 3

Para el caso del tercer ensayo tampoco se logró provocar mortalidad en las ratas evaluadas, lo que si se observo es una gran disminución del peso en porcentaje con respecto al peso inicial de las ratas antes de aplicar el tratamiento de semillas trituradas de higuierillo mas lantana.

Con los datos obtenidos del segundo ensayo (ver cuadro 9A) se realizó un análisis de varianza donde se determinó que al menos uno de los tratamientos produce diferencias estadísticamente significativo en el porcentaje de la diferencia del peso de las ratas después de haber aplicado los tratamientos (ver cuadro 11A), Debido a que p-valor el mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Por lo que fue necesario la realización de una prueba múltiple de medias (ver cuadro 12A), en donde el mejor tratamiento es el de Semillas trituradas de higuierillo más lantana, provocando una diferencia de peso en porcentaje negativa (-7.2 %).

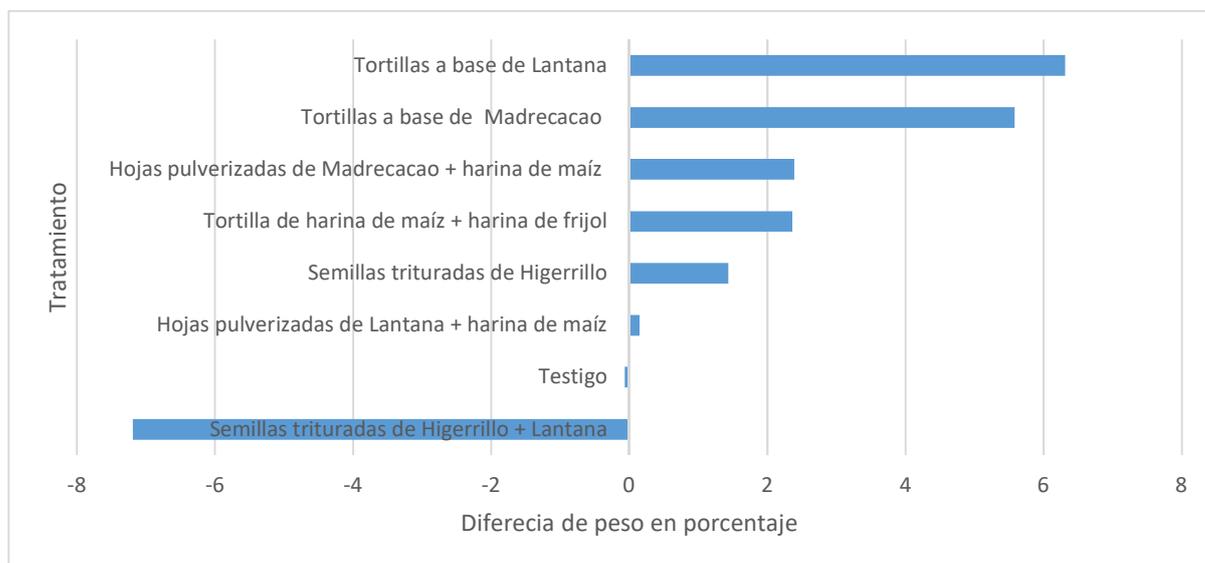


Figura 15. Diferencias promedio de la diferencia de peso en porcentaje de las ratas del tercer ensayo.

5.4 Discusión de resultados

La elección de las plantas a evaluar en el presente estudio se realizó mediante a la búsqueda de literatura, en donde los autores ya habían encontrado resultados positivos, para efectos del presente ensayo no se observó mortalidad alguna en todos los tratamientos evaluados, son muchos los factores que pudieron repercutir en la obtención de los resultados del ensayo.

Se esperaba una buena respuesta de las hojas de la planta *Lantana camara* debido a que Suárez en el año 2005 realizó pruebas para determinar las propiedades rodenticidas de *Lantana camara* L. var. *camara* f. *portorricensis*. Los cebos se elaboraron a base de sus hojas y se comprobó su efectividad. *L. camara* L. var. *camara* f. *portorricensis* mostró propiedades rodenticidas sobre las especies *Mus musculus* y *Rattus norvegicus* las cuales fueron susceptibles a los tratamientos con las hojas, pues a concentraciones de 60 % la mortalidad fue de 100 %, siendo el compuesto glucosil 7-O-β-D-pectolinarigenina el causante de la mortalidad en las ratas.

En la colecta de los materiales hay que tomar en cuenta muchos factores que pueden influir en la concentración de los compuestos de interés presentes en las plantas que pueden actuar en las ratas, por ejemplo Suarez, (2005) menciona que en el caso de *Lantana camara* L. var. *camara* f. *portorricensis* el compuesto glucosil 7-O-β -D-pectolinarigenina con acción rodenticida se encontró en mayor concentración cuando las plantas se colectaron en horas de la tarde cuando la temperatura estuvo arriba de los 32 °C, cuando la luna estaba en fase creciente y llena. Otros factores que pueden intervenir en la concentración de los compuestos de interés son la edad de la planta, etapa fenológica, ubicación geográfica

(clima, altitud, fotoperiodo etc.), material genético (híbrido, subespecie). Todos estos factores interactúan y determinan la concentración de los compuestos de interés en las plantas.

En el caso de la planta madre cacao varios autores reportan propiedades rodenticidas de esta planta, principalmente de las hojas, en estudios químicos realizados sobre follajes de *Gliricidia sepium* se ha encontrado que presentaban compuestos mayoritarios como: ZH-1-benzopirano-2-ona (cumarina) y el flavonoide kaempferol-3 O-Ó-L-ramnopiranosil-(1-6)-á-D-galactopiranosido)-7-O-Ó-L ramnopiranosido, más conocido como robinina, en concentraciones que variaban de 0.2 al 0.4 % y del 5 al 8 %, respectivamente. Estos metabolitos secundarios han sido identificados mediante análisis de sus datos espectroscópicos de UV, IR, ¹H RMN, ¹³C-RMN y por comparación con modelos estructurales análogos (Miron, 2005). de la Guardia A, (2003) realizó un tamizaje fitoquímico realizado a las hojas de madre cacao y a los extractos mostró como principales metabolitos secundarios: cumarinas, flavonoides, aminoácidos y azúcares reductores fundamentalmente. Por lo que encontró actividad rodenticida. Registró la mortalidad en ratones albinos adultos después de ingerir durante 3 días el alimento mezclado con 60 mL del extracto por kg de cebo. La mortalidad comenzó entre el 5to. y 6to. día con un resultado del 80 %. Por tal razón se evaluó esta planta como posible alternativa de control de la rata cañera, además de los reportes de otros investigadores. Determinando que bajo las condiciones del ensayo realizado esta planta no presentó mortalidad en las ratas, a pesar de las propiedades tóxicas y alelopáticas que presentan los compuestos mencionados anteriormente presentes en esta planta, reportadas por la literatura.

Las semillas de higuierillo (*Ricinus communis*) tampoco presentaron mortalidad sobre la rata cañera las cuales se les suministró hasta un 100 % de semilla molida, esta planta se incluyó entre el listado de posibles plantas con efecto rodenticida debido a reportes de Sánchez *et al* en el año 2008 en Cuba, dicho autor observó el efecto rodenticida de las semillas de higuierillo (*Ricinus communis*), encontrando mortalidades de hasta 100 % suministrando cebos con un 40 % de semillas de higuierillo; también Millán en el año 2008 en Uruguay, reportó que con dosis de 5 al 20 % de semillas molidas de higuierillo colocadas en el cebo alimenticio registró una mortalidad del 100 % entre los 3 y 5 días después de haber suministrado, presentando los machos mayor susceptibilidad. Dicho reporte fue en la especie *Rattus norvegicus*, por lo que se tenía muchas expectativas sobre las semillas de higuierillo.

Se utilizaron los frijoles negros, rojo y blanco debido a reportes de autores como de Mora, que asegura que se ha comprobado la presencia de aglutininas de origen vegetal en *Phaseolus vulgaris*, las cuales producen aglutinación de los eritrocitos en diversas especies animales, incluso en sangre humana, los frijoles evaluados únicamente provocaron un desorden intestinal en las ratas, al cabo de una semana las ratas ya se habían recuperado completamente.

Para el caso de las semillas de aguacate autores como Pahuja *et al*, 2007 calcularon la DL₅₀ de la semilla de aguacate el cual fue mayor a 2000 mg/kg, lo que corresponde a un producto ligeramente tóxico. Este autor también señala que durante el estudio de la movilidad espermática se obtuvo una disminución del 55 % de espermatozoides móviles de los ratones

tratados con semilla de aguacate con respecto al control. Por lo que se decidió tomar en cuenta como una alternativa de control de la rata cañera.

Bajo las condiciones del presente estudio, cuantitativamente no fue posible determinar una planta que tenga efecto mortal sobre las ratas, sin embargo, se observaron plantas que alteran el funcionamiento digestivo de las ratas, esto puede conducir a que si se lograra incrementar la cantidad de compuestos que las ratas consumen tendrían un efecto positivo, como el caso de *Lantana camara*, *Ricinus communis*, *Gliricidia sepium* y el frijol negro (*Phaseolus vulgaris*).

Los compuestos con efecto rodenticida presentes en los tejidos de las plantas generalmente se presenta en cantidades muy bajas, por lo que al tratar de incrementar la cantidad a suministrar, los cebos se vuelven poco palatables, un claro ejemplo es esto son semillas de *Erythrina americana*, ya que esta reportadas con alto grado de toxicidad.

Las plantas según el medio donde se colecten tienen variación en cuanto a la concentración de compuestos que acumulen en sus tejidos, esto debido las variaciones genotípicas de las plantas y/o a las condiciones propias de los lugares, como temperatura, precipitación, latitud incluso la especie de rata etc. por lo cual se evidencia un gran campo de investigación, para el estudio de materiales vegetales y ambientes de las plantas de interés, por lo que puede ser una de las razones que los presentes resultados no concuerden con las que reportan los autores citados, aunque, debido a la baja concentración de los compuestos “tóxicos” en las distintas plantas hace que las ratas tendrían que consumir durante varios días el cebo para que el efecto de estos sea mortal, lo cual en el campo sería impráctico, se debe de trabajar directamente con extractos, habiendo identificado la ubicación de los materiales vegetales idóneos, para así obtener los compuestos en grados reactivos.

6 Conclusiones

No se logró determinar cuantitativamente el posible efecto rodenticida de las plantas evaluadas, debido a que no se presentó mortalidad, tampoco se encontró efecto en el peso de las ratas, esto puede ser asociada a su metabolismo, a la gran variabilidad de la concentración de los compuestos tóxicos de interés en las plantas evaluadas con respecto a las plantas que los autores reportan.

Se observó cualitativamente que las plantas *Lantana camara*, *Ricinus communis*, *Gliricidia sepium* y el frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), producen desordenes intestinales, así como un debilitamiento que las ratas superan fácilmente, esto hace evidente que las concentraciones de los compuestos en las plantas son bajas y que es importante la extracción de los compuestos que están en baja concentración en las plantas.

7 Literatura citada

1. Comparini, S. 2006. Evaluación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 150 p.

2. Conabio, México. 2005. *Gliricidia sepium* (en línea). México. Consultado 15 abr. 2015. Disponible en: <https://goo.gl/8kwxde>
3. De la Guardia, AM; González Morera, TA; Marrero Terrero, MA; Milián Hernández, V; Campañá Castellanos, H; Iglesias Rodríguez, G. 2003. Obtención de un extracto plaguicida de *Gliricidia sepium* (Jaq.) Steud bajo la irradiación con microondas (en línea). Rev. Cubana Plant. Med. 8(3). Consultado 6 abr. 2015. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962003000300010&script=sci_arttext
4. De Mora, NC; Ruiz M. A. 1976. Estudio de aglutinas en variedades colombianas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Químicas y Farmacéuticas 3(1):65-93. Consultado 4 mayo 2015. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/56711>
5. García Gallo, a; Rodríguez Delgado, O. 2009. *Lantana camara* L. (en línea). Canarias, España, Gobierno de Canarias / Bio Natura, Terrestre Flora. 6 p. Consultado 16 abr. 2015. Disponible en: <http://www.interreg-bionatura.com/especies/pdf/Lantana%20camara.pdf>
6. García Mateos, R; Soto Hernández, M; Martínez Vázquez, M. 2000. Toxicidad de los extractos de las semillas de *Erythrina americana* (en línea). Ciencias Naturales y Agropecuaria 7(2):166-170. Consultado 12 mar. 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10401811>
7. Mareggiani, G. 1999. Plantas insecticidas. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires, Fac. de Agronomía. Centro de Estudios Agronómicos. 52 p.
8. Márquez, AC; Lara O, F; Esquivel R, B; Mata E, R. 1999. Plantas medicinales de México II; Composición, usos y actividad biológica. México, Universidad Nacional Autónoma de México. 178 p.
9. Millan, C. 2008. Las plantas una opción saludable para el control de plagas (en línea). Uruguay, RAPAL. Consultado 4 abr. 2015. Disponible en <https://goo.gl/iAfJao>
10. Mirón, H. 2005. Propuesta de una formula rodenticida utilizando hojas de *Gliricidia sepium* (madre cacao). Tesis Lic. Quim. y Farm. El Salvador, Universidad de San Salvador. 76 p.
11. Pérez-Escandón, BE; Villavicencio-Nieto, MA; Gordillo-Martínez, AJ. 2010. Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. Polibotánica (septiembre):193-238.
12. Ramos M, P; Ortiz Moreno, A; Chamorro C, G; Garduño S, L. 2007. Estudio de las propiedades de la semilla de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass, para el aprovechamiento integral del fruto (en línea). México, Instituto Politécnico

Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Delegación Miguel Hidalgo. Consultado 25 feb. 2015. Disponible en: <https://goo.gl/riZ3e5>

13. Roig, JT. 1974. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas en Cuba. La Habana, Editorial Científico-Técnica. p. 654-5.
14. Sánchez Beltrán, H; Suárez Morales, N; Riverón Benítez, R; García Piñero, B; Izquierdo García, D. 2012. Estudio de las propiedades rodenticidas de la planta *Lantana trifolia* L. (en línea). Cuba, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Consultado 8 abr. 2015. Disponible en <https://goo.gl/Bi3Teu>
15. Sánchez, B; Suárez Morales, N; Sotomayor, S; Riverón, R; García, B; Izquierdo, D; Castellanos, G. 2008. Empleo de rodenticidas botánicos como alternativa agroecológica en el manejo de roedores plagas. La Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Disponible en: <https://goo.gl/F9Uv4V>
16. Suárez Morales, N. 2005. Efecto rodenticida de *Lantana camara* L. var. *Camara* f. *Portorricensis*. Fitosanidad 9(4):69. Consultado 8 abr. 2015. Disponible en <https://goo.gl/34ue2c>

8 Anexos



Figura 16A. Plantas en el proceso de secado.



Figura 17A. Plantas en proceso de secado.

Figura 18A. Plantas colectadas de *Lantana camara*Figura 19A. Plantas secas de *Lantana camara*Figura 20A. Hojas secas de *Lantana camara*Figura 21A. Molienda de hojas de *Lantana camara*



Figura 22A. Flores de madre cacao (*Gliricidia sepium*)



Figura 25. Formulación de cebo a base de *Erythrina americana*



Figura 23A. Formulación del cebo a base de *Lantana camara*



Figura 26. Mezcla de cebo a base de *Erythrina americana*



Figura 24A. Preparación de extracto alcohólico de madre cacao (*Gliricidia sepium*)



Figura 27. Cebos preparados a base de *Erythrina americana*



Figura 28A. Hojas colectadas de madre cacao (*Gliricidia sepium*)



Figura 31A. Colado de las hojas pulverizadas de lantana.



Figura 29A. Hojas colectadas de higuero (*Ricinus communis*)



Figura 32A. Cebo después haber sido expuesto a la rata.



Figura 30A. Maíz utilizado para producir los cebos botánicos



Figura 33A. Cebos expuestos a consumo



Figura 34A. Jaulas utilizadas.



Figura 36A. Consumo de cebos preparados



Figura 35A. Consumo de cebos



Figura 37A. Pesado de la cantidad de alimento no consumido por las ratas.

Cuadro 8A. Prueba de Shapiro-Wilk para la determinación de la normalidad de los residuos de la variable diferencia de peso en porcentaje, para el primer ensayo.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	
W = 0.96	valor de p = 0.2005

Cuadro 9A. Resumen del análisis de varianza para la variable respuesta diferencia de peso en porcentaje de las ratas, en el primer ensayo.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	211.94	7	30.28	0.37	0.916
Error	4013.87	49	81.92		
Total	4225.81	56			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados

C.M.: cuadrados medios F: valor de F calculado.

Cuadro 10A. Prueba de Shapiro-Wilk para la determinación de la normalidad de los residuos de la variable diferencia de peso en porcentaje, para el segundo ensayo.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	
W = 0.96	valor de p = 0.1828

Cuadro 11A. Resumen del análisis de varianza para la variable respuesta diferencia de peso en porcentaje de las ratas, en el segundo ensayo.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	876.82	7	125.26	1.56	0.17
Error	4091.58	51	80.23		
Total	4968.40	58			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados

C.M.: cuadrados medios F: valor de F calculado.

Cuadro 12A. Prueba de Shapiro-Wilk para la determinación de la normalidad de los residuos de la variable diferencia de peso en porcentaje, para el tercer ensayo.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	
W = 0.96	valor de p = 0.355

Cuadro 13A. Resumen del análisis de varianza para la variable respuesta diferencia de peso en porcentaje de las ratas, en el tercer ensayo

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	801.66	7	114.52	2.83	0.02
Error	1779.48	44	40.44		
Total	2581.15	51			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad S.C.: sumatoria de cuadrados

C.M.: cuadrados medios F: valor de F calculado.

Cuadro 14A. Resultados de la prueba múltiple de medias para la variable respuesta diferencia de peso de las ratas en porcentaje con respecto al peso inicial del tercer ensayo. Alfa=0.05 DMS=11.25491.

Tratamiento	Media	n	E:E	Literal
Semillas trituradas de higuierillo más lantana	-7.19	7	2.4	a
Testigo	-0.07	7	2.4	a b
Hojas pulverizadas de lantana más harina de maíz	0.15	7	2.4	a b
Semillas trituradas de higuierillo	1.43	6	2.6	a b
Tortilla de harina de maíz más harina de frijol	2.36	7	2.4	a b
Hojas pulverizadas de madre cacao más harina de maíz	2.39	6	2.6	a b
Tortillas a base de madre cacao	5.58	6	2.6	b
Tortillas a base de lantana	6.31	6	2.6	b