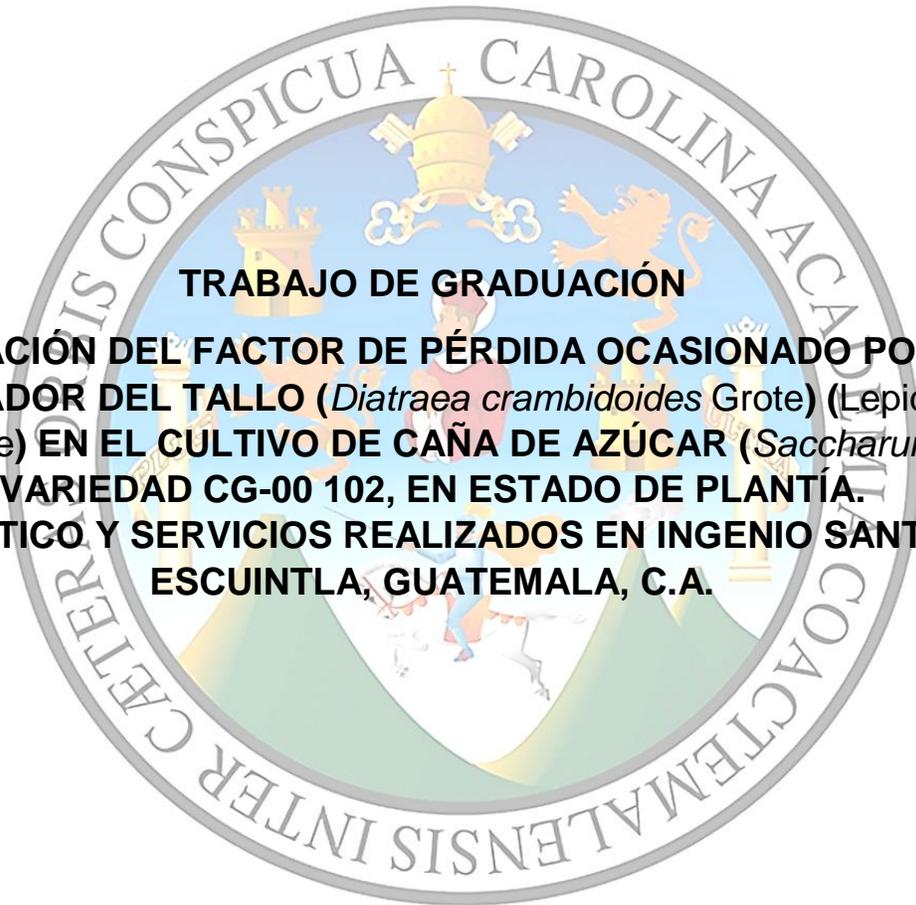


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE PÉRDIDA OCASIONADO POR EL
BARRENADOR DEL TALLO (*Diatraea crambidoides* Grote) (Lepidoptera:
Crambidae) EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*)
VARIEDAD CG-00 102, EN ESTADO DE PLANTÍA.
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

RENÉ BAUDILIO URÍZAR QUIROA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE PÉRDIDA OCASIONADO POR EL
BARRENADOR DEL TALLO (*Diatraea crambidoides* Grote) (Lepidoptera:
Crambidae) EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*)
VARIEDAD CG-00 102, EN ESTADO DE PLANTÍA.
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

RENÉ BAUDILIO URÍZAR QUIROA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

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.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. en Electrónica Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL V	P. Agr. Marvin Manolo Sicajau Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA NOVIEMBRE DE 2018

Guatemala, noviembre de 2018

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el documento: **TRABAJO DE GRADUACIÓN ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE PÉRDIDA OCASIONADO POR EL BARRENADOR DEL TALLO (*Diatraea crambidoides* Grote) (Lepidoptera: Crambidae) EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) VARIEDAD CG-00 102, EN ESTADO DE PLANTÍA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.** Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

RENÉ BAUDILIO URÍZAR QUIROA

ACTO QUE DEDICO

A:

**EI SER SUPREMO
DIOS**

Por darme vida y guiarme en ella, por darme la fuerza para continuar en lo adverso, por guiarme en el sendero de lo sensato, más que pedir tengo que agradecer por lo recibido.

MIS PADRES

Bilo y Zoily, por ser las personas que más han influenciado en mi vida, por sus consejos, por sus sacrificios, porque ésta meta es más de ustedes, por ser líderes en mi vida y ejemplo a seguir, por esa autosuficiencia que a ciencia cierta me hacía dar cuenta que ellos mandaban y hacían lo que podían para guiarnos en el camino del bien. gracias por su apoyo incondicional y amor. Dios los bendiga y los guarde siempre. Lo quiero papá, la quiero mamá.

MI HERMANO

Dany mi mejor amigo, por acompañarme en cada momento, por los consejos, por las largas pláticas, por su lealtad, por todo el cariño y amor. Te quiero hermanito.

MIS ABUELITOS

Papa Daniel Quiroa, por el amor, cariño que nos da; Zoila Luch de Quiroa (Q.E.P.D), Andrés Urizar (Q.E.P.D), Pilar Carrascoza de Urizar (Q.E.P.D), por el amor y cariño que nos dieron en vida, flores en su tumba, un abrazo hasta al cielo en donde un día espero volver a verlos.

MI FAMILIA

Por el cariño, por los consejos, por la unión.

MI PRIMA

Zoilita Quiroa, por el cariño, por su lealtad, por todos los momentos de nuestra infancia, un abrazo al otro lado del arcoíris.

MIS ASESORES

Dr. Marco Vinicio Fernández, Ing. Agr. Manuel Martínez por su invaluable ayuda en la elaboración de la presente investigación, por el tiempo brindado.

MI AMIGO

Ing. Agr. Marvin Pec, por sus consejos académicos y de vida, por todo el cariño. Te quiero Amigo

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A DIOS:

Por permitir culminar una fase más en mi vida, mi carrera profesional.

A MI FAMILIA:

Por esta meta, mi espina dorsal que sin ustedes no hubiera sido posible.

A MI PATRIA GUATEMALA, MI PUEBLO JOYABAJ (XOY):

Tierra bella que me vio nacer y a mis paisanos que gracias a sus impuestos se sustenta la educación superior en la USAC.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Por darme la oportunidad en la formación de mi carrera profesional.

A LA FAUSAC

Casa de estudios del área agrícola profesional, y por inculcar en mi persona la conciencia moral, social y ambiental.

A LA ENCA

Escuela Nacional Central de Agricultura (mi alma mater) por ser mi segundo hogar por 3 años y ser templo del saber. Donde se inculcó en mí la formación agrícola.

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN 2008-2010

Recuerdos inolvidables y éxitos en su vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por permitirme concluir otra fase de mi vida, y haberme brindado este triunfo, por estar a mi lado en todo momento, por guiarme en este camino de estudiante, por la salud, la fuerza y la fortaleza para dar cada paso.

A MIS PADRES:

Por su esfuerzo, por su apoyo incondicional por darme la oportunidad de completar mis estudios, por sus largas charlas para brindarme apoyo psicológico, moral y guiarme en el camino del bien.

A MI HERMANO:

Por su cariño, por su compañía en cada momento, su apoyo, por sus consejos.

A MIS CATEDRATICOS DE LA ENCA:

Por sus conocimientos en el área agrícola y motivación, especialmente a Ing. Agr. Juan Navichoc, Ing. Agr. Marco Antonio Gregg Cruz, Ing. Agr. José Jesús Chonay, Ing. Agr. Geovanni Hernández, Dr. César Noriega, Ing. Agr. Miguel Castillo Montejo.

A MIS CATEDRATICOS DE LA FAUSAC:

Por compartir sus conocimientos y por ser parte de mi formación profesional.

MIS ASESORES:

Dr. Marco Vinicio Fernández

Ing. Agr. Manuel Martínez

Ing. Agr. Marvin Mateo Pec Hernández

Dr. Francisco Badilla

Lic. Luis Carlos Arroyo Matute

Por su supervisión, asesoría, por sus correcciones en el presente trabajo de graduación y en la investigación llevada a cabo, así como por su tiempo dedicado y su amistad.

GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA:

Por permitirme dar el paso de la vida como estudiante hacia la vida profesional y abrirme las puertas para ser parte del equipo de tan prestigiosa empresa.

DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA:

Por su carisma, por su compañerismo, por ser un extraordinario grupo de trabajo, por compartir sus conocimientos y abrirme las puertas para desenvolverme durante el EPS. Al Ing. Agr. Marvin Pec, Lic. Luis Carlos Arroyo, Dr. Francisco Badilla, Inga. Raisa Peña, Henry Giménez, Hansell Najarro, Alex Luther, Edy Fisher.

A MIS TIOS:

Ing. Agr. Hugo Urizar, Dr. Daniel Quiroa, por estar siempre pendientes de mí, y ser un ejemplo por seguir.

A UNA PERSONA EJEMPLAR:

Ing. Agr. Carlos Muralles, por su amistad y los primeros conocimientos en el ámbito laboral.

A MIS AMIGOS:

De la promoción 2008-2010, especialmente a Erick Alvarado, Willy Tut, Francisco Pec, Víctor Moisés Carias Donis, por su amistad, su cariño.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPITULO 1. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO INTEGRADO DE LAS PRINCIPALES PLAGAS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA.	1
1.1 PRESENTACIÓN	1
1.2 MARCO REFERENCIAL	1
1.2.1 Agroindustria azucarera.....	2
1.2.2 Grupo Corporativo Santa Ana.....	2
1.2.2.1 Datos.....	2
1.2.2.2 Ubicación y condiciones climáticas	2
1.2.2.3 Estructura organizacional de Grupo Corporativo Santa Ana	3
1.2.2.4 Productos y servicios de Grupo Corporativo Santa Ana	4
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 General.....	6
1.3.2 Especificos	6
1.4 METODOLOGÍA.....	7
1.4.1 Delimitación del sistema de estudio.....	7
1.4.2 Obtención de la información	7
1.4.3 Tabulación de la información	7
1.4.4 Análisis de la información.	8
1.4.4.1 Identificación de las problemáticas	8
1.4.4.2 Propuesta de investigación	8
1.4.4.3 Análisis de pares.....	8
1.4.4.4 Jerarquización de las investigaciones.....	8
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
1.5.1 Descripción del Departamento Técnico Agrícola	9
1.5.2 Estructura organizacional del departamento	9
1.5.3 Laboratorios y/o unidades de producción	10
1.5.3.1 Laboratorio de Control de Calidad y Desarrollo de Proyectos.....	10
1.5.3.2 Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos	10
1.5.3.3 Laboratorio de producción de parasitoides	10
1.5.3.4 Laboratorio de Producción de Rodenticida y Trampas Adhesivas	11
1.5.3.5 Laboratorio de Biotecnología o Micro propagación	11
1.5.4 Manejo Integrado de Plagas en el Departamento Técnico Agrícola	11
1.5.5 Barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>)	12
1.5.5.1 Descripción general del barrenador del tallo	12
1.5.5.2 Manejo integrado de barrenadores (MIB).....	13
1.5.5.3 Muestreo de densidad larval (Etapa de brotación)	14
1.5.5.4 Muestreo de densidad larval (Etapa de elongación).....	15
1.5.5.5 Metodología para la liberación del parasitoide <i>Cotesia flavipes</i>	16

	Página
1.5.5.6 Aplicación de <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki.....	16
1.5.5.7 Muestreo de daño en cosecha (infestación e intensidad de infestación)	16
1.5.6 Chinche Salivosa.....	17
1.5.6.1 Descripción general de la plaga.....	17
1.5.6.2 Manejo integrado de la chinche salivosa (MICS).....	18
1.5.6.3 Determinación de la población de chinche o monitoreo	20
1.5.6.4 Monitoreo de ninfas/tallo.....	21
1.5.6.5 Adultos/trampa.....	21
1.5.6.6 Adulto libre o adulto/tallo.....	22
1.5.6.7 Daño foliar	22
1.5.6.8 Análisis de la información	22
1.5.6.9 Toma de decisiones	23
1.5.7 Roedor de campo.....	24
1.5.7.1 Descripción de la plaga.....	24
1.5.7.2 Manejo integrado de roedores (MIR)	24
1.5.7.3 Monitoreo de roedor	25
1.5.7.4 Análisis de la información	26
1.5.7.5 Toma de decisiones y control.....	26
1.5.7.6 Labores de control	26
1.5.8 Análisis de pares y jerarquización de investigaciones en el DTA.....	27
1.6 CONCLUSIONES	32
1.7 BIBLIOGRAFÍA.....	33
CAPÍTULO II. ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE PÉRDIDA OCASIONADO POR EL BARRENADOR DEL TALLO (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) VARIEDAD CG-00 102, EN ESTADO DE PLANTÍA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA GUATEMALA.....	35
2.1 INTRODUCCIÓN.....	37
2.2 MARCO TEÓRICO	39
2.2.1 Marco Conceptual	39
2.2.1.1 Importancia del cultivo de la caña de azúcar.....	39
2.2.1.2 Principales plagas de caña de azúcar	39
2.2.1.3 Barrenadores del tallo (<i>Diatraea saccharalis</i> ; <i>Diatraea crambidoides</i>)	39
2.2.1.4 Bioeconomía.....	45
2.2.1.5 Manejo integrado de plagas.....	46
2.2.1.6 Nivel de daño económico.....	46
2.2.1.7 Componentes del nivel de daño económico	47
2.2.1.8 Umbral económico o umbral de acción.....	48
2.2.2 Marco Referencial	49
2.2.3.1 Ubicación geográfica de la finca	49
2.2.3.2 Condiciones del material vegetal a utilizar.....	50
2.2.3.3 Descripción del área.....	51

	Página
2.2.3.4 Antecedentes	51
2.3 OBJETIVOS	53
2.3.1 Objetivo general.....	53
2.3.2 Objetivos específicos.....	53
2.4 HIPÓTESIS	53
2.5 METODOLOGÍA.....	54
2.5.1 Obtención del insecto plaga (larva de <i>Diatraea crambidoides</i>).....	54
2.5.2 Selección y preparación del material vegetal	54
2.5.3 Diseño experimental	55
2.5.3.1 Completamente al azar.	55
2.5.4 Tratamientos y repeticiones.....	55
2.5.5 Unidad experimental.....	56
2.5.6 Arreglo espacial de los tratamientos evaluados	56
2.5.7 Proceso de inoculación.....	57
2.5.8 Variables de respuesta	58
2.5.8.1 Variables agronómicas o biométricas.....	58
2.5.8.2 Rendimiento de caña de azúcar en T/ha.....	58
2.5.9 Análisis de la información.....	58
2.5.10 Manejo del experimento	59
2.5.10.1 Condiciones de manejo agrícola comercial.....	59
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
2.6.1 Altura de la planta.....	60
2.6.2 Relación entre la altura de planta y rendimiento de caña en T/ha.	63
2.6.3 Estimación del factor de pérdida de producción de caña	65
2.7 CONCLUSIONES	67
2.8 RECOMENDACIONES	67
2.9 BIBLIOGRAFÍA	68
2.10 ANEXOS	70
.....	73
CAPÍTULO III. PROYECTOS REALIZADOS EN D.T.A DE INGENIO SANTA ANA	73
3.1 INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
Figura 1. Estructura organizacional del Grupo Corporativo Santa Ana	3
Figura 2. Estructura organizacional del Departamento Técnico Agrícola	9
Figura 3. Proceso general del manejo integrado de plagas	12
Figura 4. Croquis de la distribución de puntos para muestrear larvas de <i>Diatraea spp.</i>	14
Figura 5. Ninfas de chinche salivosa en tallos de caña de azúcar (Fotografía M. Pec).....	17
Figura 6. Ciclo de vida de la chinche salivosa <i>Aeneolamia postica</i> . Fennah.....	18
Figura 7. Distribución de los puntos de muestreo para el monitoreo de chiche.....	21
Figura 8. Mapa de población de chinche salivosa en la Región VI de Ingenio Santa Ana.....	23
Figura 9. Ciclo de vida de <i>Diatraea crambidoides</i>	40
Figura 10. Fotografía de tallo de caña de azúcar con galerías de larva de <i>D. crambidoides</i>	42
Figura 11. Fotografía de daño en dos entrenudos provocado por una larva de <i>D. crambidoides</i> ..	43
Figura 12. Dinámica poblacional de larvas de barrenador (<i>Diatraea crambidoides</i>).....	45
Figura 13. Componentes del nivel de daño económico.	47
Figura 14. El Nivel de Daño Económico (NDE) y el Umbral Económico (UE).	49
Figura 15. Mapa de ubicación geográfica de la Finca Cerritos, Ingenio Santa Ana.....	50
Figura 16. Croquis de campo	56
Figura 17. Larva de <i>D. crambidoides</i> penetrando un tallo de caña en el área de la lígula	57
Figura 18. Dinámica de altura de planta en respuesta a los niveles de daño de <i>D. crambidoides</i>	60
Figura 19. Rendimiento de TCH en relación a la altura de planta al momento de la cosecha.....	63
Figura 20. Producción de caña de azúcar en función a la intensidad de infestación de <i>D. crambidoides</i>	65
Figura 21. Fotografía de unidades experimentales con 12 tallos molederos	70
Figura 22. Proceso de inoculación de los tallos con larvas de <i>D. crambidoides</i>	70
Figura 23. Fotografía de agujeros realizados por la larva para ingresar al tallo	71
Figura 24. Fotografía de proceso de toma de peso de tallos al momento de la cosecha	71

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Principales productos elaborados por Ingenio Santa Ana.....	5
Cuadro 2. Principales especies de hongos producidos en el Laboratorio de Entomopatógenos	10
Cuadro 3. Manejo integrado de barrenadores en áreas endémicas, 2017.	13
Cuadro 4. Manejo integrado de barrenadores en áreas no endémicas, 2017.	13
Cuadro 5. Labores en el manejo integrado de la chinche salivosa en áreas con cosecha manual	19
Cuadro 6. Labores en el manejo integrado de la chinche salivosa con cosecha mecanizada	19
Cuadro 7. Tabla de manejo de chinche salivosa de acuerdo al NDE	23
Cuadro 8. Secuencia de labores en el manejo integrado de roedores (MIR)	25
Cuadro 9. Tabla de aplicación de cebos para roedor de acuerdo al NDE.....	26
Cuadro 10. Análisis de pares de las investigaciones propuestas	28
Cuadro 11. Jerarquización de las investigaciones por frecuencia	30
Cuadro 12. Priorización de acuerdo al rango obtenido en la jerarquización.	31
Cuadro 13. Factor de pérdida de las principales plagas, utilizados en Ingenio Santa Ana.	48
Cuadro 14. Descripción de los tratamientos evaluados.....	56
Cuadro 15. Frecuencia de colocación de larvas para los tratamientos.....	57
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 182 días de edad	60
Cuadro 17. Análisis de la varianza para la variable altura de la planta a los 347 días de edad	61
Cuadro 18. Prueba de medias, test de Scott & Knott sobre la variable altura de planta.	62
Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable rendimiento de caña en T/ha (TCH)	64
Cuadro 20. Prueba de medias, test de Scott & Knott sobre la variable rendimiento de TCH.....	64
Cuadro 21. Test de Shapiro-wilk (modificado) para los residuos de la variable altura de planta.	72
Cuadro 22. Prueba de Levene para los residuos absolutos de la variable altura de planta	72
Cuadro 23. Test de Shapiro-wilk (modificado) los residuos de la variable producción TCH.....	72

RESUMEN

El documento que a continuación se presenta resume los trabajos realizados en Ingenio Santa Ana S. A. durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), el cual se llevó a cabo a partir del mes de agosto del 2016 hasta el mes de mayo del 2017. Se desarrollaron tres actividades iniciando con un Diagnóstico, luego el proyecto de investigación y por último cinco servicios realizados en el Departamento Técnico Agrícola, encargado de la fitosanidad del cultivo de caña de azúcar en Ingenio Santa Ana.

Ingenio Santa Ana, tiene su sede operacional en Finca Cerritos que se ubica en el kilómetro 64.5 de la ruta nacional CA-9 que conduce a Santa Lucia Cotzumalguapa. El Departamento Técnico Agrícola, forma parte de la División Agrícola y Servicios, está dividido en dos áreas siendo estas campo y laboratorio. La parte de campo es la encargada de dar seguimiento a todas las actividades de control y monitoreo de las plagas que afectan al cultivo de caña de azúcar, además maneja los siguientes laboratorios; producción de parasitoides, hongos entomopatógenos, meristemas, laboratorio de control de calidad y desarrollo de proyectos, producción de trampas adhesivas para chinche salivosa y planta de maquiladora de cebos para roedores.

El diagnóstico se realizó en el Departamento Técnico Agrícola específicamente en el área de campo dando seguimiento de las actividades realizados en el manejo integrado de las principales plagas de la caña de azúcar que son barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*), chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.) y roedor (*Sigmodon hispidus*). Para ello se recolectó información primaria obtenida de los diferentes funcionarios del departamento para generar las diferentes metodologías de cada labor ejecutada en campo; además de ello se propuso el proyecto de investigación y los servicios ejecutados a lo largo del Ejercicio Profesional Supervisado a través de una matriz de prioridades.

La investigación se realizó estimando el factor de pérdida de peso del barrenador del tallo *D. crambidoides* en el cultivo de caña de azúcar, se evaluaron los siguientes niveles 0 %, 9 %, 18 %, 36 % y 50 %. Se estimó que el factor de pérdida debido al daño ocasionado por barrenador en la variedad de caña de azúcar CG-00102 fue de 0.236 % de la producción por cada unidad porcentual de intensidad de infestación ($R^2= 85.76$).

Como parte de los servicios, se realizó la estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.) en caña de azúcar variedad CG98-46. Se realizó análisis de regresión entre las siguientes variables: número de adultos/tallo vs. daño foliar, número de adultos/tallo vs. lb de azúcar/T y daño foliar vs. lb de azúcar/T. Se determinó la reducción del rendimiento de azúcar (lb/T) por el daño de la chinche salivosa *A. postica*, por cada 1 % de daño foliar se estimó una pérdida de 0.8785 lb de azúcar/T ($R^2=74$) y en el modelo de poblaciones se estimó que la presencia en el muestreo de un adulto/tallo representa una reducción en el rendimiento de 19.99 lb de azúcar/T en la variedad CG98-46.

También se evaluó la distribución espacial y preferencia del parasitismo de *Cotesia flavipes* en *D. crambidoides* y *D. saccharalis* en caña de azúcar. Se obtuvo un parasitismo de 38.18 % en *D. crambidoides* y 37.50 % en *D. saccharalis* no hubo diferencia estadística entre ellas además de ello se cuantificó la cantidad de parasitoides obtenidos de cada larva y se tuvo una media de 49.5 avispas por larva para *D. crambidoides* y 45.5 para *D. saccharalis*.

Se evaluó el parasitismo de *Aprostocetus esurus*, en pupas del barrenador del tallo y el porcentaje de parasitismo obtenido fue de 89.9 %. Además, se evaluó la eficiencia y persistencia de Clothianidin, Thiamethoxam y Thiamethoxam Genérico, para el control de ninfas de chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.). Se determinó que no hay diferencia estadística entre los productos evaluados, pero si hay diferencia con respecto al testigo ($p<0.05$).

Se estimó la tasa de bioregulación de huevos del barrenador del tallo y los resultados muestran que hay una tendencia en cuanto al nivel de infestación y la bioregulación presente, debido a que Finca California con los niveles más altos de infestación es la que presenta menos bioregulación y Finca La Aurora que tiene los valores más altos de bioregulación tiene valores más bajos de intensidad de infestación de la plaga. Otro de los aportes de esta investigación es la identificación de la reducción de la bioregulación a lo largo del ciclo del cultivo siendo que en los valores más altos de la plaga coincide con los valores más bajos de bioregulación de los enemigos naturales.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL MANEJO INTEGRADO DE LAS PRINCIPALES PLAGAS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA.

1.1 PRESENTACIÓN

La agroindustria azucarera se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para el país y genera empleos en la economía guatemalteca. En Guatemala operan actualmente doce ingenios, ubicados en cuatro departamentos de la costa del Pacífico. (ASAZGUA, 2012).

El Grupo Corporativo Santa Ana S.A. es una empresa privada, dedicada a la producción y exportación de Azúcar Refinada tipo "A", Azúcar Cruda, Azúcar Blanca Standard, (sulfitada), Azúcar Refina Local, Azúcar Superior, Azúcar Morena, Melaza, Torta de Cachaza, Energía Eléctrica. En los últimos años, los volúmenes de producción han sido alrededor de 7,000,000 quintales de azúcar zafra 2013-2014. Sus instalaciones se encuentran ubicadas en el interior de la Finca Cerritos a 4.5 km de la cabecera departamental de Escuintla. Cuenta con siete regiones administrativas dentro de las cuales se cultivan 26,063.29 ha del cultivo de caña de azúcar.

Dentro de su estructura el Grupo Corporativo Santa Ana cuenta con un Departamento Técnico Agrícola el cual es el encargado de planificar y coordinar actividades de manejo y control de plagas, así como las actividades de cinco laboratorios.

En los laboratorios se producen parasitoides, hongos entomopatógenos para el control biológico de plagas, también la producción de trampas adhesivas para chinche salivosa, cebos para el control de roedores, también se cuenta con un laboratorio para la producción de plántulas para semillero provenientes de un proceso de micro propagación y un quinto laboratorio el cual es el encargado de velar que cada metodología empleada sea la adecuada en los laboratorios y la calidad de los productos. En el diagnóstico se hace énfasis en el seguimiento del manejo integrado de las principales plagas en el Ingenio Santa Ana, que en su orden son las siguientes: chinche salivosa, barrenador del tallo y roedores.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Agroindustria azucarera

La agroindustria azucarera se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para el país y genera abundantes empleos en la economía guatemalteca. En Guatemala operan actualmente cinco organizaciones y doce ingenios, ubicados en cuatro departamentos de la costa del Pacífico. (ASAZGUA, 2012)

1.2.2 Grupo Corporativo Santa Ana

1.2.2.1 Datos

Grupo Corporativo Santa Ana S.A. es una empresa privada, dedicada a la producción y exportación de azúcar refinada tipo “A”, azúcar cruda, azúcar blanca standard, azúcar refina local, azúcar superior, azúcar morena, melaza, torta de cachaza, energía eléctrica. En los últimos años, los volúmenes de producción han sido alrededor de 7,000,000 quintales de azúcar zafra 2013-2014. (ASAZGUA, 2012)

1.2.2.2 Ubicación y condiciones climáticas

a. Ubicación geográfica de la empresa

El Grupo Corporativo Santa Ana está localizado en la Finca Cerritos en la cabecera departamental de Escuintla. Está situado a 4.5 km del municipio de Escuintla y una distancia de 65.6 km de la ciudad capital. Las instalaciones del ingenio tienen una extensión de 423.24 ha.

b. Condiciones climáticas Finca Cerritos “Ingenio Santa Ana”

Las condiciones climáticas que imperan en Cerritos presentan una temperatura promedio anual de 25.65 °C, precipitación pluvia oscila entre 2,000 a 3,000 mm/año, distribuidos en 8 meses de los cuales, el mes de mayor precipitación pluvial es septiembre con 700 milímetros de lluvia; la unidad industrial de la corporación está asentada a una altitud de 158 m s.n.m. Y la humedad relativa promedio anual es de 89 % (Pérez Solares, 2008)

1.2.2.3 Estructura organizacional de Grupo Corporativo Santa Ana

El Grupo Corporativo Santa Ana funciona con una estructura jerárquica, también conocida como “departamentalización vertical” cuya ventaja consiste en aumentar la calidad en la dirección aumentando los niveles jerárquicos, pero con la desventaja de disparar el costo de la operación. Es dirigida por una junta directiva y se estructura en seis divisiones y el Staff de la gerencia general.

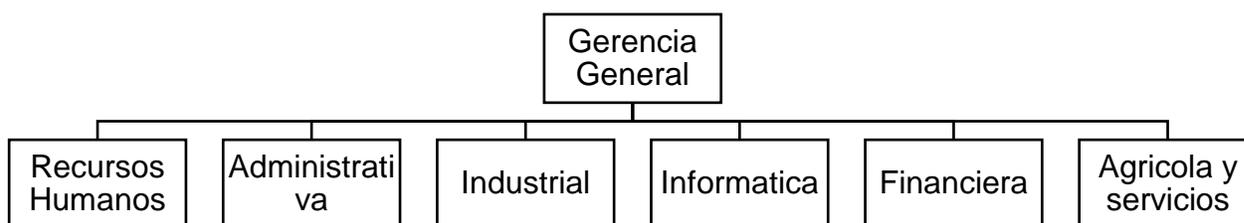


Figura 1. Estructura organizacional del Grupo Corporativo Santa Ana

a. Gerencia general

El gerente general es responsable de dirigir, planificar, coordinar, supervisar, controlar y evaluar las actividades de la gestión técnica y administrativa de las gerencias de división e impartir las instrucciones para la ejecución de las funciones correspondientes, además de definir e interpretar las políticas establecidas por la dirección. El correcto desempeño de estas obligaciones requiere de un conocimiento funcional de todas las fases de la operación de la empresa, y una buena comunicación con sus subordinados (Santa Ana, 2016).

b. División de recursos humanos

Su misión es satisfacer en forma eficaz los requerimientos de los recursos humano adecuado mediante técnicas y procedimientos actualizados, propiciando las condiciones óptimas para su desarrollo personal y dentro de la empresa, con el propósito de lograr la mayor eficiencia del grupo corporativo.

c. División administrativa

Es la división completamente de servicios, comprometida con todas las divisiones del corporativo, a quienes asisten en sus necesidades en forma eficiente y oportuna, a través de una organización adecuada, utilizando recurso humano capacitado y tecnología para satisfacer a sus clientes.

d. División industrial

Es la parte que se encarga de la transformación de la caña de azúcar y otros derivados, administrando los recursos humanos, físicos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de los clientes nacionales e internacionales.

e. División de informática

Organización encargada de proporcionar soluciones relacionadas con la planificación, comunicaciones, tecnología de la información, comunicaciones, automatizaciones industrial y control de proceso para optimizar la producción y administración.

f. División financiera

La adecuada administración de los recursos financieros, para la ejecución del proceso productivo, del funcionamiento e inversión generando información financiera confiable y oportuna, a través del desarrollo de recurso humano, de procedimientos u tecnología actualizada, para la adecuada toma de decisiones de la administración del Grupo Corporativo Santa Ana.

g. División agrícola y servicios

Es un equipo multidisciplinario, cuyo compromiso fundamental es el aprovechamiento integral sostenible de los recursos naturales, para producir caña de azúcar, otros productos agrícolas, servicios de cosecha, taller y transporte.

1.2.2.4 Productos y servicios de Grupo Corporativo Santa Ana

En el siguiente cuadro se hace un resumen de los principales productos del cultivo de la caña de azúcar en Ingenio Santa Ana.

Cuadro 1. Principales productos elaborados por Ingenio Santa Ana.

Segmento	Producto	Descripción
Azúcar	Azúcar refinada tipo "A" (Exportación)	Es el azúcar de mayor calidad. Sus especificaciones técnicas son: color 0-45 grados ICUMSA (constituye el factor más importante para este tipo de azúcar), Pol 99.85 mínima y humedad 0.004 %.
	Azúcar cruda (Exportación)	Este tipo de azúcar debe tener un Pol mínimo de 97.9 %.
	Azúcar refina local	Es un azúcar con 0 - 80 grados ICUMSA, Pol 99.6-99.8 por ciento, Humedad 0.04 %. Este tipo de azúcar al igual que la anterior también está vitaminada. En Santa Ana se empaca bajo la marca Nevada
	Azúcar superior	Es un azúcar con 99.6-99.79 % de Pol, Humedad 0.10 %, olor 80 - 200 ICUMSA
	Azúcar morena	Es un azúcar con 98-99.4 Pol, 0.40% Humedad y Color 400-800
Derivados	Melaza	Se le denomina así a la miel final que se obtiene en el último agotamiento en el ciclo de mazas. Sus especificaciones técnicas son: Brix 85% y pureza entre 30 % y 35 %. Constituye la materia prima para hacer alcohol y rones; además se usa para alimento de ganado. Este producto se distribuye tanto para mercado nacional como para el internacional
	Torta de cachaza	Constituye el lodo filtrado y lavado, producido por la precipitación en el proceso de clarificación de jugo mezclado. Sirve como fuente primaria para abonos orgánicos en la producción agrícola
Otros	Energía eléctrica	Las especificaciones de este servicio es que la empresa cumpla con la cantidad de MW que se proyecte generar o cogenerar. Dicha generación se efectúa a 69,000 voltios, 60 Hz, trifásica y un factor de potencia de 0.85. Actualmente, estamos generando 40 MW y vendemos 32 MW a la EEGSA (Santa Ana,2016)

Fuente: Ingenio Santa Ana

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- Conocer el manejo integrado de las principales plagas de la caña de azúcar (chinche salivosa, barrenador del tallo y roedores) realizadas por el departamento técnico agrícola, Ingenio Santa Ana.

1.3.2 Específicos

1. Conocer la estructura organizativa del Departamento Técnico Agrícola, Grupo Corporativo Santa Ana y las actividades que se realizan.
2. Identificar a través del diagnóstico, las principales problemáticas que tiene el Departamento Técnico Agrícola y proponer investigaciones para la resolución de estas.
3. Realizar una jerarquización de las investigaciones propuestas por el Departamento Técnico Agrícola, Ingenio Santa Ana.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Delimitación del sistema de estudio.

El diagnóstico se enfocó en el manejo integrado de chinche salivosa, barrenador del tallo y roedor que realiza el departamento técnico agrícola que a su vez se encuentra como un elemento dentro de Ingenio Santa Ana.

1.4.2 Obtención de la información

Se realizó por medio de entrevista y el diálogo con el jefe del departamento, e información proporcionada por los técnicos de plagas de las diferentes administraciones en que está conformada Ingenio Santa Ana, para la determinación del organigrama del departamento, así como la comprensión de cómo funciona la cadena de mando. Como información secundaria se utilizó documentación de las diferentes metodologías que tiene el departamento para el Manejo Integrado de Plagas (MIP) de las principales plagas.

Se realizó un recorrido en campo donde se observaron los métodos de muestreo para la determinación de poblaciones y se realizaron entrevistas a los técnicos encargados de la toma de información, así como un seguimiento de entrevistas con las personas encargadas durante todo el proceso de análisis e interpretación de la información relacionada a las principales plagas, además de la observación y cuestionamientos que a partir de los cuales se generaron las problemáticas que luego dan origen a las investigaciones tanto en la investigación principal como en los servicios.

1.4.3 Tabulación de la información

Después de realizadas las entrevistas, se procedió a realizar un resumen de cómo está organizado el departamento, las metodologías realizadas para el monitoreo y toma de decisiones en cuanto al control, además se anotaron las diferentes problemáticas que se observaron.

1.4.4 Análisis de la información.

1.4.4.1 Identificación de las problemáticas

Las problemáticas observadas se plantearon al jefe de departamento y conjuntamente con el coordinador se redactaron las problemáticas observadas, a partir de ello se plantearon, las investigaciones.

1.4.4.2 Propuesta de investigación

Después de la identificación de las problemáticas, se realizó un listado de posibles investigaciones a realizarse

1.4.4.3 Análisis de pares

Se realizó un análisis de pares identificando la prioridad del departamento al listado de investigación planteadas en la propuesta, luego se cuantificó la frecuencia de aparición de cada investigación.

1.4.4.4 Jerarquización de las investigaciones

Con los datos de frecuencia que se tuvieron en el análisis de pares se procedió a jerarquizar el listado de investigaciones de acuerdo a la frecuencia y se estableció el rango de cada investigación y luego se presentó un listado en orden de acuerdo al rango y frecuencia que se sometió al jefe de departamento para que se dé tramite a ello, la investigación que fue más frecuente se tomó como investigación principal y las demás se tomaron como servicios.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Descripción del Departamento Técnico Agrícola

Este departamento es el encargado de planificar y coordinar actividades de 5 laboratorios que se mencionaran a continuación, así como actividades de monitoreo de poblaciones, manejo y control de insectos plaga y roedores en campo.

En los laboratorios se producen parasitoides, hongos entomopatógenos para el control biológico de plagas, también la producción de trampas adhesivas para chinche salivosa y cebos para el control de roedores.

El departamento cuenta con siete técnicos de campo uno por cada región, encargados para del seguimiento y acompañamiento de las principales labores de MIP realizadas por el departamento, así como coordinar las diferentes labores de control necesarias para el manejo de las plagas antes mencionadas. Además de ello el departamento cuenta con un área de procesamiento y análisis de la información de los diferentes muestreos para la toma de decisiones, así como el registro histórico de las plagas en Ingenio Santa Ana.

1.5.2 Estructura organizacional del departamento

El departamento está conformado por un jefe de departamento, un coordinador, un jefe de sección, un jefe por cada laboratorio, y un técnico por cada región administrativa en campo. A continuación, se presenta el organigrama de la estructura del departamento

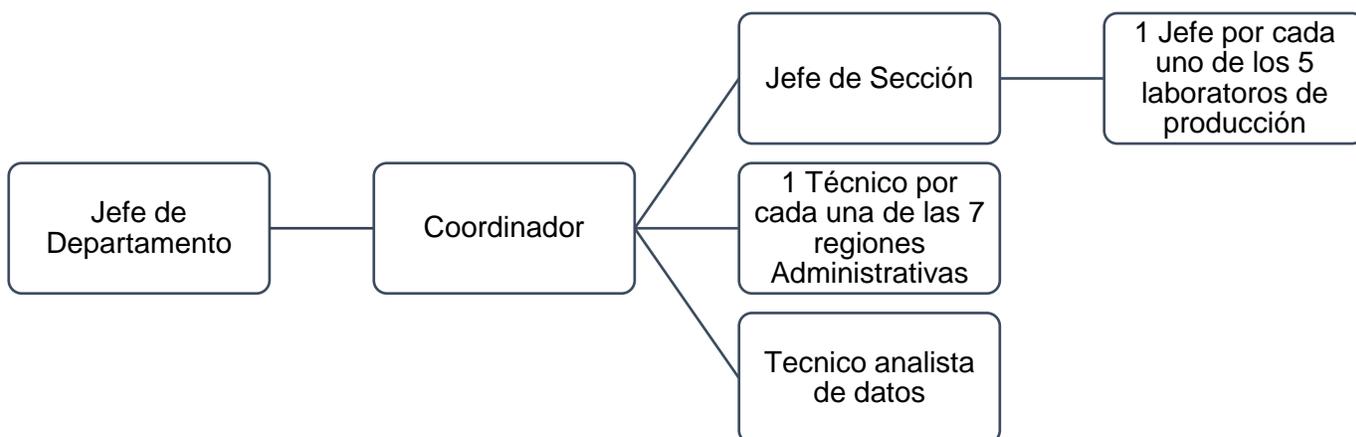


Figura 2. Estructura organizacional del Departamento Técnico Agrícola

1.5.3 Laboratorios y/o unidades de producción

1.5.3.1 Laboratorio de Control de Calidad y Desarrollo de Proyectos

En este laboratorio se llevan a cabo las actividades de evaluación de la calidad de los productos elaborados en los 4 laboratorios del departamento. También se realizan investigaciones con el fin de generar nuevas metodologías y tecnologías que puedan utilizarse a nivel de laboratorio y/o campo.

1.5.3.2 Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos

Las especies de hongos producidas en este laboratorio son para el control de los insectos plaga y algunas enfermedades, en el cuadro 2, se mencionan los hongos producidos y la plaga o enfermedad que se controla.

Cuadro 2. Principales especies de hongos producidos en el Laboratorio de Entomopatógenos

Hongo producido	Plaga o Enfermedad
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Chinche salivosa (<i>Aeneolamia spp</i>)
<i>Paecylomyces lilacinus</i>	Chinche salivosa (<i>Aeneolamia spp</i>)
<i>Beauveria bassiana</i>	Barrenador (<i>Diatraea spp</i>)
<i>Trichoderma sp.</i>	Complejo de hongos de caña seca.

Fuente: Laboratorios de hongos entomopatógenos.

1.5.3.3 Laboratorio de producción de parasitoides

En este laboratorio se lleva a cabo la producción de avispas de *Cotesia flavipes*, utilizando como huésped crisálidas de la especie *Diatraea saccharalis*. Para luego liberarlas en campo como parte de manejo y control del barrenador del tallo (*Diatraea spp.*).

También se está realizando la producción de adultos de *Aprostocetus esurus*, ya que a nivel de laboratorio se ha demostrado que parasita crisálidas de barrenador (*Diatraea spp*), pero no se ha evaluado si parasita en campo, por lo que es necesario realizar pruebas para determinar la capacidad de parasitismo de esta especie.

Además de la producción de estas especies de parasitoides, también se está ejecutando el proyecto de adultos estériles, el laboratorio se dedica a la producción de pupas de la especie *Diatraea crambidoides* que luego son esterilizadas en la planta de irradiación del programa MOSCAMED, para luego liberar los adultos estériles como método de control autosida y disminuir las poblaciones de plaga.

1.5.3.4 Laboratorio de Producción de Rodenticida y Trampas Adhesivas

En la planta de rodenticida se producen cebos, los cuales son una mezcla de maíz quebrantado, harina de maíz, vainilla y coumatetralil como ingrediente activo para el control de roedores ya que es otra de las plagas que causa daños en los cañales, por lo menos 26,475 ha son monitoreadas en cosecha.

Las trampas verdes adhesivas para el monitoreo, control y manejo de la chinche salivosa (*Aeneolamia* spp), se realizan en otra planta, esta tiene una capacidad promedio de producción de 1500 trampas/día, las cuales son distribuidas para las fincas en producción.

1.5.3.5 Laboratorio de Biotecnología o Micro propagación

Este laboratorio es el encargado de la producción de plántulas de las distintas variedades cultivadas en el ingenio para el semillero básico certificado. La producción de estas plántulas se realiza utilizando biotecnología y procedimientos de cultivo de tejidos utilizando meristemas apicales caulinares de plantas de variedades puras y de buenas condiciones, establecidas en el campo de donantes. En este laboratorio se preparan los medios de cultivo, la siembra de meristemas y la obtención de plantilla de laboratorio, para luego ser trasladadas a un invernadero para comenzarlas a adaptar a condiciones de campo y de suelo utilizando bandejas. El proceso de adaptación dura 2 meses, donde finalmente son llevados al campo definitivo en el semillero certificado.

1.5.4 Manejo Integrado de Plagas en el Departamento Técnico Agrícola

El MIP es un concepto amplio que se refiere a un sistema de manejo de poblaciones plaga, que utiliza todas las técnicas adecuadas en una forma compatible, para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de aquellos niveles capaces de causar daño económico.

El departamento técnico agrícola es el encargado de la determinación, monitoreo y control de las principales plagas (barrenador del tallo, chinche salivosa y roedor de campo) que se dan en el área de cultivo de las fincas bajo administración del Ingenio.

El departamento tiene un técnico capacitado en cada una de las regiones en las que se divide el ingenio, este técnico coordina, da acompañamiento, supervisa que cada una de las labores de plagas se realicen de la mejor manera en cada finca.

El programa general de MIP que utiliza el departamento técnico del ingenio Santa Ana para cada plaga se resume en la siguiente figura.

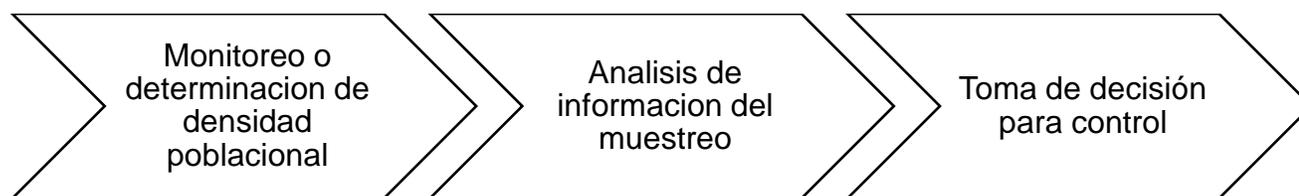


Figura 3. Proceso general del manejo integrado de plagas

La metodología de manejo para cada una de las principales plagas se describe a continuación.

1.5.5 Barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*)

1.5.5.1 Descripción general del barrenador del tallo

Las especies del género *Diatraea* (Lepidóptera:Pyralidae) son las de mayor importancia económica y mayor distribución geográfica en Guatemala. *Diatraea crambidoides* (Grote) tiene una abundancia relativa del 73 % comparado con un 27 % de *D. saccharalis*.

La biología de las especies de *Diatraea* indica que ambas colocan huevos agregados en posturas y requieren entre 5 y 6 días para eclosionar. El período de desarrollo larval es significativamente diferente, ya que en *D. saccharalis* es de 21 a 23 días, en tanto que en *D. crambidoides* se prolonga de 33 a 43 días. Es por ello que el ciclo promedio de vida se estima entre 41 y 57 días, respectivamente.

El daño es el resultado de la actividad alimenticia del estado larval, que puede ocasionar la muerte del meristemo apical (corazón muerto) en la etapa de macollamiento, pero en las etapas de elongación y maduración, el daño se asocia a la construcción de galerías, en donde la larva habita la mayor parte de su ciclo.

1.5.5.2 Manejo integrado de barrenadores (MIB)

A continuación, se muestran los diferentes paquetes y manejo de barrenadores a lo largo del ciclo del cultivo de caña de azúcar hay dos modalidades las áreas endémicas de la plaga y áreas no endémicas.

Cuadro 3. Manejo integrado de barrenadores en áreas endémicas, 2017.

DDC	LABOR
40-45	1er. Muestreo de densidad larval (1 punto 12 m/ha) (etapa de brotación)
41-46	1er. Entesaque de corazón muerto
55-60	2do. Muestreo de densidad larval (1 punto 12 m/ha) (etapa brotación)
56-61	2do. Entesaque de corazón muerto
120-180	Liberación de parasitoides
150-210	3er. Muestreo de densidad larval (lotes piloto) (5 puntos/pante) (etapa de elongación)
211	Proyección para aplicación de <i>Bacillus thuringiensis</i> o Clorantraniliprole
360	Muestreo de cosecha (Evaluación del MIB)

Fuente: Departamento técnico agrícola, Ingenio Santa Ana

Cuadro 4. Manejo integrado de barrenadores en áreas no endémicas, 2017.

DDC	LABOR
40-45	1er. Muestreo de densidad larval (1 punto 12 m/ha) (etapa de brotación)
41-46	1er. Entesaque de corazón muerto
55-60	2do. Muestreo de densidad larval (1 punto 12 m/ha) (etapa de brotación)
56-61	2do. Entesaque de corazón muerto
120-180	Liberación de parasitoides
360	Muestreo de cosecha (Evaluación del MIB)

Fuente: Departamento técnico agrícola, Ingenio Santa Ana

1.5.5.3 Muestreo de densidad larval (Etapa de brotación)

Este monitoreo se realiza 30-35 días después del corte, consiste en tomar 12 m lineales por punto, realizando 5 puntos/ha (Figura 4)

Cierre e inicio de nueva hectárea

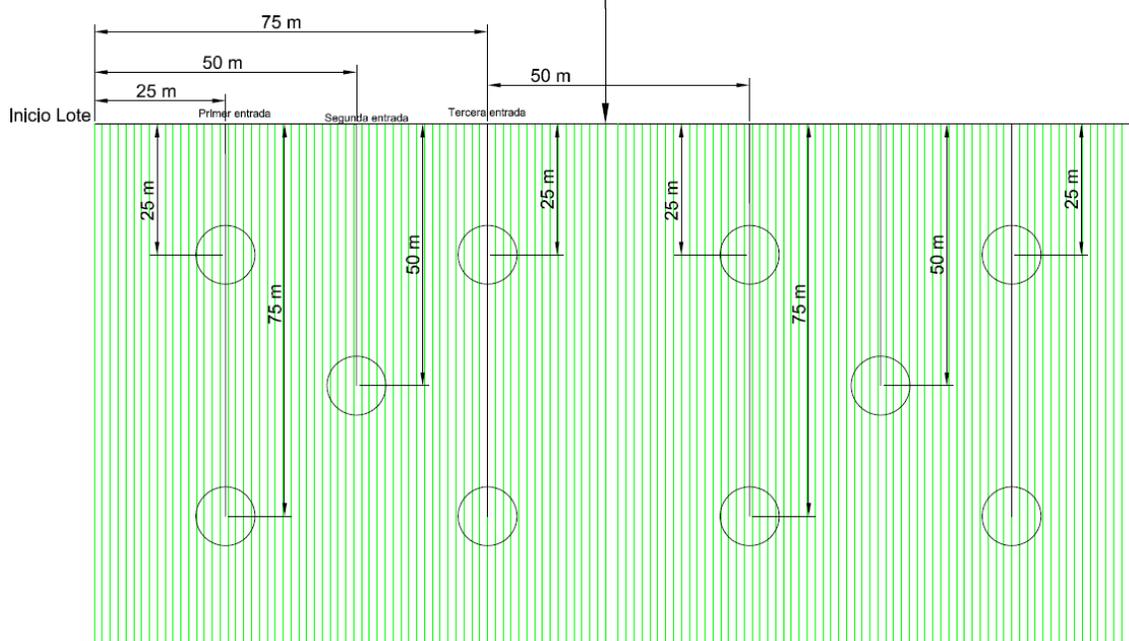


Figura 4. Croquis de la distribución de puntos para muestrear larvas de *Diatraea spp.*

Se delimitan 12 m a lo largo del surco contabilizando el número de tallos perforados por barrenador, estos a su vez se cortan longitudinalmente y se cuenta el número de larvas en todos los tallos.

Los tallos dañados se revisan para verificar la presencia de larvas y calcular la densidad larval (DL) y el umbral económico (UE).

a. Estimación de poblaciones y daño:

Para evaluar el daño ocasionado por cada plaga se utilizan el porcentaje de Infestación (i) y densidad larval (DL) las cuales se definen por las siguientes formulas:

Cálculo de infestación

$$\%i = \frac{\text{total de tallos dañados}}{\text{total de tallos}} * 100$$

Cálculo de densidad larval por hectárea

$$DL/Ha = \frac{\text{No larvas} * \text{total metros lineales por hectárea}}{\text{metros lineales muestreados}}$$

Con los datos de larvas/ha obtenidos de larvas/hectárea se ubica el Nivel de Daño Económico (NDE) según los tallos/metro del lote y la productividad del lote (Ton/ha)

Ejemplo:

Finca:	Ojo de Agua
Lote:	601
No. larvas del muestreo	9
No. muestras	9
Tamaño de muestra	12 metros

$$DL/ha = \frac{9 * 6666 \text{ m}}{108 \text{ m}} = 555 \text{ larvas/ha}$$

b. Nivel de daño económico para entresaque

Ejemplo:

Finca:	Ojo de Agua
Lote:	601
Tallos/metro:	16
Productividad (ton/ha):	120
DL (Larvas/ha)	555
NDE (Larvas/ha)	505

Se debe realizar la labor de entresaque ya que supera el NDE 505 larvas/ha

c. Labor de entresaque de corazón muerto. (Etapa de brotación)

Esta labor sirve para romper el ciclo biológico de la plaga al extraer las formas biológicas presentes en los tallos que presentan síntomas de corazón muerto.

1.5.5.4 Muestreo de densidad larval (Etapa de elongación)

Debido a que en esta etapa del cultivo ya se cuenta con entrenudos se reduce la eficiencia de muestreo por lo cual se toman los siguientes criterios; a) 5 puntos de muestreo por pante b) solo se realiza el 25 % de los lotes endémicos (lotes piloto); el tamaño de muestra debe ser siempre 12 metros lineales y se agrega el cálculo de intensidad de infestación (%i.i.)

Cálculo de intensidad de infestación (%i.i.)

$$\%ii = \frac{\text{total de entrenudos dañados}}{\text{total de entrenudos}} * 100$$

1.5.5.5 Metodología para la liberación del parasitoide *Cotesia flavipes* y *Aprostocetus esurus*.

Determinar la Intensidad de Infestación (I.I.) (un punto de 12 metros/ha), siguiendo el esquema de tres bolillos o formando equis. Determinar el % de entrenudos barrenados I.I.). Cuantificar en la misma unidad de muestreo la densidad larval/ha (DLHA) y el Nivel de daño Económico (NDE), si este supera el NDE se debe realizar la liberación de parasitoides de la siguiente manera.

Se liberan 8 adultos/cada larva siempre y cuando se supere el NDE, o un valor equivalente a este. Con base al radio de acción de este parasitoide (38 m) se colocan 5 vasos plásticos desechables de 12 onzas en una hectárea. Se colocan un máximo de 2.000 individuos/vaso. Haciendo un total de 10,000 insecto por hectárea y su distribución se realiza como se muestra en la figura 4.

1.5.5.6 Aplicación de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*

Con base al muestreo de densidad larval en la etapa de brotación, 6-7 meses de edad del cultivo, si las poblaciones de larvas superan el NDE se realizan aplicaciones de este insecticida biológico a una dos de 0.5 kilos por hectárea en 3 aplicaciones con intervalo de 15 días cada uno.

1.5.5.7 Muestreo de daño en cosecha (infestación e intensidad de infestación)

En los frentes de corte al momento de la cosecha se realiza el monitoreo de daño causado por el barrenador, este se mide en porcentaje de infestación e intensidad de infestación.

Se seleccionan 50 tallos al azar y de ellos se determinan los tallos dañados o perforados por barrenador y se realiza la siguiente operación para determinar el porcentaje de infestación.

$$\% \text{ de Infestación } (i) = \frac{\text{tallos dañados}}{\text{tallos totales}} * 100$$

Juntamente con esto se determina el porcentaje de intensidad de infestación, este se realiza cortando longitudinalmente los tallos y se determina el número de entrenudos dañados por barrenador y se relaciona con la cantidad de entrenudos totales.

$$\% \text{ de Intensidad de infestacion } (ii) = \frac{\text{entrenudos dañados}}{\text{entrenudos total}} * 100$$

Los lotes con Intensidad de infestación mayor al 2 % entran al manejo integrado de barrenadores la zafra siguiente.

1.5.6 Chinche Salivosa

1.5.6.1 Descripción general de la plaga

Aeneolamia postica y *Prosapia simulans* son las especies de importancia en el cultivo de caña de azúcar, con el 96 % y 4 % de abundancia, respectivamente (Márquez *et al.*, 2002).

Es un insecto con aparato bucal picador-chupador, que se alimenta de la xilema de una gran variedad de gramíneas cuya infestación en caña de azúcar se repite cada año con los huevos diapáusicos depositados en el suelo, el ciclo anterior. Estos huevos dan origen a la primera generación de ninfas en la estación lluviosa, y de ahí surgen (Figura 5) varias generaciones de adultos cuyos huevos ya no tienen diapausa y eclosionan en 15 días, lo que aumenta la densidad poblacional en el campo.



Figura 5. Ninfas de chinche salivosa en tallos de caña de azúcar (Fotografía M. Pec)

Tanto ninfas como adultos utilizan su estilete para elaborar túneles de alimentación, que finalizan en los elementos del xilema ((Byers y Wells, 1996). Debido a la baja calidad nutritiva de la savia del xilema el estado de ninfa se prolonga por al menos 30 días, formando una espuma alrededor de su cuerpo blando y permanecen en las raíces adventicias del cultivo. Cuando alcanzan el estado adulto, estos insectos migran hacia el follaje y al alimentarse introducen una sustancia tóxica que destruye e interfiere en la formación de clorofila, cuyo síntoma es conocido como “quemazón”, que afecta tanto el desarrollo normal de la planta como la acumulación de sacarosa.

Con base en esta biología, es evidente que el mayor éxito en el control de la plaga está en la reducción de la población de huevos diapáusicos y las ninfas, reducir o atrasar la ocurrencia del período crítico que produce altas densidades de adultos (Márquez *et al.*, 2009) entre julio y agosto.

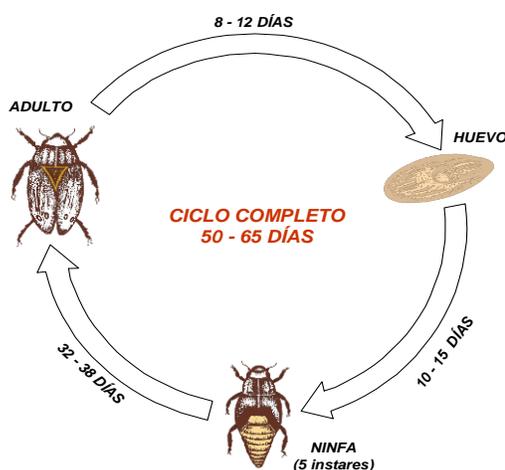


Figura 6. Ciclo de vida de la chinche salivosa *Aeneolamia postica*. Fennah

Los índices de pérdida pueden alcanzar 8.21 T/ha de caña y 5.83 kg Az/t, por cada adulto/tallo (Márquez *et al.*, 2001).

1.5.6.2 Manejo integrado de la chinche salivosa (MICS)

Las actividades realizadas en el manejo integrado de la chinche salivosa tienen dos criterios básicos, el criterio del tipo de corte que puede ser corte manual o corte mecanizado y también las labores cambian dependiendo del número de corte del lote a manejar en la temporada como se muestra en los siguientes cuadros a continuación.

Cuadro 5. Labores realizadas en el manejo integrado de la chinche salivosa (MICS) en áreas con cosecha manual e diferentes números de corte

DDC	Labor	Cantidad	
3 – 5	Rastreo sanitario (no riego 15 días)	1	2 Cortes
8 – 10	Desaporque	1	
150 - 300	Muestreo de ninfa y adulto	8	
180 - 230	Colocación de trampas adhesivas	1	
180 - 260	Aplicación de met 5 x 10 ¹³	2	
260	Daño foliar		
DDC	Labor	Cantidad	
7 - 10	Aporque	1	3 Cortes
150 - 300	Muestreo de ninfa y adulto	4	
180 - 230	Colocación de trampas adhesivas	2	
180 - 260	Aplicación de met 5 x 10 ¹³	2	
260	Daño foliar		
DDC	Labor	Cantidad	
5 - 12	Muestreo huevos de chinche	1	4 Cortes
130 - 150	Aplicación de insecticida preventivo	1	
150 - 300	Muestreo de ninfa y adulto	4	
260	Daño foliar		

Cuadro 6. Labores realizadas en el manejo integrado de la chinche salivosa (MICS) en áreas con cosecha mecanizada y diferentes números de corte

DDC	Labor	Cantidad	
3 - 5	Rastreo sanitario (no riego 15 días)	1	2 Cortes
8 - 10	Desaporque	1	
150 - 300	Muestreo de ninfa y adulto	8	
180 - 230	Colocación de trampas adhesivas	2	
180 - 260	Aplicación de met 5 x 10 ¹³	3	
260	Daño foliar		
DDC	Labor	Cantidad	
5 - 12	Muestreo huevos de chinche	1	3 cortes
130 - 150	Aplicación de insecticida preventivo	1	
150 - 300	Muestreo de ninfa y adulto	4	
260	Daño foliar		

1.5.6.3 Determinación de la población de chinche o monitoreo

El monitoreo de chinche salivosa comienza al presentarse las primeras lluvias de la temporada de invierno. Se recomienda el monitoreo de precisión en áreas endémicas (alta población) y con alto riesgo de daño, así como el monitoreo semidetallado en el resto del área para detectar si existe expansión de la plaga y posibles migraciones.

El monitoreo de precisión consiste en determinar la población de chinche salivosa en lotes o áreas endémicas que tienen las siguientes características:

- Población igual o mayor a 400,000 huevos diapáusicos/ha,
- Historial de daño foliar,
- Expansión de la plaga detectada en los mapas elaborados en ArcGis de los últimos muestreos de año anterior
- Condiciones propicias para el desarrollo de la plaga
- Que sean de segundo corte

El intervalo del monitoreo de precisión es de 8 días, realizando 5 puntos/hectárea.

El monitoreo semidetallado se realiza en área no endémica a un intervalo de 21 días, realizando un punto/hectárea.

El punto de monitoreo debe estar debidamente identificado, manteniendo una posición fija durante toda la temporada de la plaga (monitoreo sistemático) según coordenadas, por medio de número de surco y distancia a partir de la periferia). Se monitorea 5 punto/hectárea en caso de lotes endémicos ya sea para ninfas o adultos, distribuidos como se muestra en la figura 7.

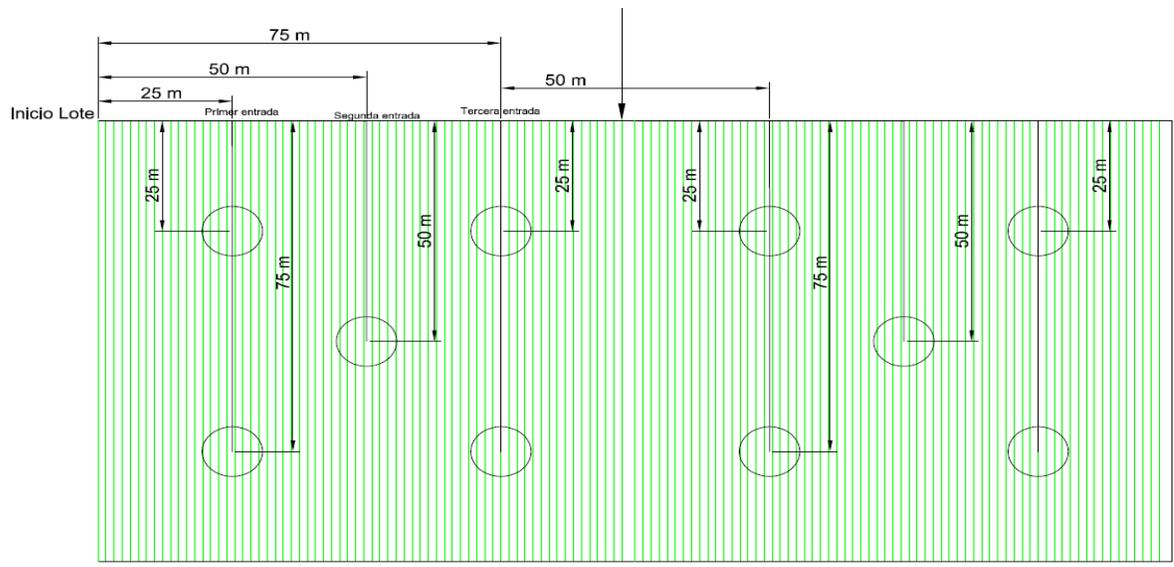


Figura 7. Distribución de los puntos de muestreo para el monitoreo de chiche.

Es importante tener una brecha sin dañar el cañal, para facilitar el acceso y la supervisión del mismo.

Se realiza monitoreo de ninfas/tallo, de adultos por trampa y adulto libre.

1.5.6.4 Monitoreo de ninfas/tallo

En cada punto de muestreo se delimitan dos metros lineales de caña a lo largo del surco, se contabiliza el total de tallos, y el número de ninfas en los salivazos, a la vez se determina el instar de la ninfa clasificándolos del 1 al 5 de acuerdo al tamaño; entre más grande y madura la ninfa se encuentra en su fase final o instar 5 próxima a convertirse en adulto.

El total de ninfas contabilizadas se divide entre la cantidad de tallos en los dos metros, obteniendo así el número de ninfas/tallo.

1.5.6.5 Adultos/trampa

En cada punto de muestreo se coloca una trampa adhesiva de color verde, este color se debe a que tras realizar varios estudios Badilla et. al. Se determinó que este color el que más atrae al adulto de chinche (*Aeneolamia postica*. y *Prosapia simulans*). El tamaño de la trampa es de 60 cm*80 cm y un grosor de 2 mm.

La trampa se amarra de surco a surco, lo más cercano posible a la altura del cogollo, se recomienda deshojar las cañas que impidan la visibilidad de la misma al menos dos metros a la redonda.

Se contabiliza el total de adultos de chinche adheridos a una cara de la trampa y se multiplica por dos para determinar el número total de insectos/trampa.

Los datos obtenidos deben apuntarse en el formulario respectivo. En cada monitoreo debe darse mantenimiento a la brecha, revisar la altura de la trampa y el pegamento.

La trampa debe cambiarse cada 14 días, para tener mayor confiabilidad de los datos

1.5.6.6 Adulto libre o adulto/tallo

Se contabiliza el número de tallos y de adultos en 5 m lineales en el surco, y se determina la cantidad de insectos por tallo.

1.5.6.7 Daño foliar

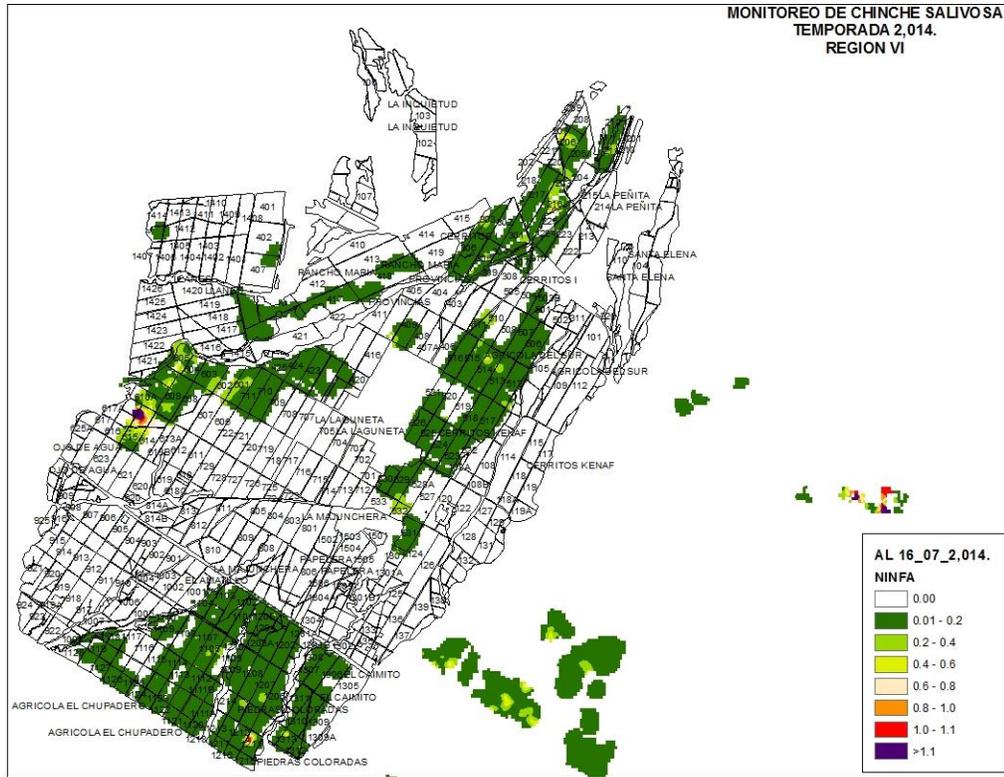
El daño foliar es un muestreo el cual consiste en observar el daño de las hojas de caña de azúcar para el evaluar la intensidad de daño de la chinche salivosa.

Este se hace al finalizar la temporada (un único muestreo) de chinche salivosa, consiste en monitorear los focos en donde hubo mayor presencia de plaga. El daño foliar también se representa en mapas con escalas de daño que van de 0 %, 0.1 – 20 %, 20.1 – 40 %, 40.1 – 60 %, 60.1 – 80 %, 80.1 – 100 %. Esta es una herramienta que se usa para medir el impacto de paquete de manejo integrado de chinche salivosa.

1.5.6.8 Análisis de la información

Una vez tomada la información en campo se manda a fase de gabinete en donde se digitaliza, determinando el promedio de ninfas/tallo y adultos/trampa por lote y por finca.

A la vez se elabora un mapa de distribución de la población tanto de ninfa como de adulto de chinche por finca, tal como se muestra en la siguiente figura



Fuente: Pec, M., 2014.

Figura 8. Mapa de población de ninfa de chinche salivosa en la Región VI de Ingenio Santa Ana

1.5.6.9 Toma de decisiones

Se seleccionan focos o lotes con niveles de ninfas/tallo o adultos por trampa y en base a la tabla de nivel de daño económico como se muestra en el cuadro 7, se selecciona el control o el producto a aplicar.

Cuadro 7. Tabla de manejo de chinche salivosa de acuerdo al NDE

Producto	Aplicación	Población	Estado fenológico	Ninfas/tallo
Clothianidín	Terrestre	Ninfas/tallo	3 a 6 meses	0.40
	Terrestre	Ninfas/tallo	Mayor 6 meses	0.52
Metarhizium 5x10 ¹³	Aéreo	Individuos/tallo	3 a 6 meses	1.17
	Aéreo	Individuos/tallo	Mayor 6 meses	1.53
	Terrestre	Individuos/tallo	3 a 6 meses	1.33
	Terrestre	Individuos/tallo	Mayor 6 meses	1.73
Imidacloprid	Terrestre	Ninfas/tallo	3 a 6 meses	0.69
	Terrestre	Ninfas/tallo	Mayor 6 meses	0.91

Fuente: Ingenio Santa Ana

1.5.7 Roedor de campo

1.5.7.1 Descripción de la plaga

Sigmodon hispidus es la especie predominante de ratas en la región cañera de Guatemala. Su distribución se asocia con grandes áreas de pastizal, riberas de los ríos, áreas baldías y de cultivos como maíz, arroz y sorgo. La población de *Sigmodon hispidus* se incrementa debido a la alta capacidad reproductiva, y la rápida madurez sexual que se da de 40 a 60 días de edad. El período de gestación promedio requiere de sólo 27 días para una camada que puede ser de 5 hasta 12 crías. La longevidad es de 3 a 5 años, pero bajo condiciones naturales del cultivo de caña, la expectativa de vida es de alrededor de 6 meses.

El daño lo causan estos roedores por la actividad alimenticia y la necesidad de desgastar los incisivos, mordiendo tallos, que eventualmente provocan el acame y posterior deterioro de las plantas. Los estudios del programa MIP-CENGICAÑA afirman que la reducción en el peso del tallo es más significativa que la calidad del jugo, y el factor de pérdida es de 0.5 toneladas de caña por hectárea (TCH) por cada uno por ciento de tallos dañados, al momento de precosecha (Marquez, 2002)

1.5.7.2 Manejo integrado de roedores (MIR)

Las labores realizadas en el manejo integrado de roedores son las siguientes; se realizan muestreos bimensuales en todo el ingenio y dependiendo de las poblaciones si superan el NDE se realizan aplicaciones de rodenticidas a base de Cumatetralil como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 8. Secuencia de labores en el manejo integrado de roedores (MIR) en Ingenio Santa Ana

DDC	Programa Roedores
60	Muestreo de rata 5 puntos/ha
	Aplicación de cebos Rodsan
120	Muestreo de rata 5 puntos/ha
	Aplicación de cebos Rodsan
180	Muestreo de rata 5 puntos/ha (Periferia)
	Aplicación de cebos Rodsan (Periferia)
240	Muestreo de rata 5 puntos/ha (Periferia)
	Aplicación de cebos Rodsan (Periferia)
300	Muestreo de rata 5 puntos/ha (Periferia)
	Aplicación aérea de cebos Rodsan

Fuente: Ingenio Santa Ana.

1.5.7.3 Monitoreo de roedor

a. Monitoreo dentro del cañal

El primer monitoreo se realiza a los 60 días después del corte, se colocan 5 trampas tipo golpe por hectárea y se revisa a las 24 horas después de la colocación es necesario lavar las trampas antes de colocarla y preferiblemente usar guantes de látex para evitar el contacto y evitar que la rata olfatee el olor humano y así obtener mayor eficiencia.

Luego de lavarlas se les puede pasar hojas de gramíneas (planta de pangola) para que no quede ningún olor extraño sobre la trampa.

Se utiliza tortilla con melaza para el cebo atrayente del roedor dentro de la trampa.

Para la determinación de la población de roedores presentes en las áreas muestreadas se calcula de la siguiente manera.

Se cuentan las ratas capturadas y se realiza el cálculo utilizando la siguiente formula

$$\frac{\text{Ratas}}{\text{ha}} = \frac{\text{Area por hectarea (m}^2\text{)} * \text{Numero de ratas capturadas}}{\text{Area de accion de la trampa (m}^2\text{)} * \text{Trampas colocadas}}$$

El área de acción de una rata es de 45.62 metros cuadrados.

b. Monitoreo en la periferia

Cuando ya no es posible hacer el muestreo y control dentro del cañal se recomienda hacer el muestreo periférico, primero se debe de medir la periferia del lote a muestrear y esta se divide por el total de las trampas a colocar en ese lote (5 trampas/ha), al día siguiente se toman datos de captura y se calcula el número de ratas/ha con base a la ecuación anterior.

1.5.7.4 Análisis de la información

Con los datos obtenidos en los monitoreos se realizan mapas para determinar los lotes o áreas de mayor población de las ratas.

1.5.7.5 Toma de decisiones y control

Los muestreos se comparan con el siguiente cuadro si este supera el NDE se realizan las aplicaciones de rodenticida.

Cuadro 9. Tabla de aplicación de cebos para roedor de acuerdo al NDE

Producto	Cebos/ha	NDE ratas/ha
Cebo caísa	200	48
	150	37
	100	30
	50	13

Fuente: Ingenio Santa Ana

1.5.7.6 Labores de control

a. Colocación de cebos para control (cañales menores a 5 meses)

Para un lote con distanciamiento de 1.5 m entre surcos se usa la ecuación siguiente:

Distancia entre cebos

$$= \frac{\text{Área en m}^2 \text{ de una hectárea}}{\text{Distanciamiento de siembra} * \text{Número de entradas} * \text{Número de cebos a colocar}}$$

b. Colocación de cebos en la periferia

El número de cebos a colocar en la periferia se determina a través de las siguientes ecuaciones.

$$\text{Cebos en la periferia} = \frac{\text{Area de la periferia} * \frac{\text{Cebos}}{\text{ha}} \text{ con base al NDE}}{10,000 \text{ m}^2}$$

$$\text{Area de la periferia} = \text{Ancho de faja} * \text{Perimetro del lote}$$

1.5.8 Análisis de pares y jerarquización de investigaciones en el departamento técnico agrícola.

En el departamento técnico agrícola se tienen investigaciones en proceso, además de interés en investigaciones ya planteadas que aún no se han ejecutado por lo que con la información recopilada se concluye los siguientes aspectos.

La matriz se utiliza cuando se quiere analizar una investigación con otras y luego del análisis de frecuencia se crea un rango y se jerarquiza las investigaciones encontrados en el diagnóstico y así poder corresponder a los requerimientos más importantes del departamento.

En los cuadros siguientes, se observa el análisis de pares, jerarquización y matriz de prioridades de investigaciones del departamento técnico agrícola, y según el jefe de departamento y coordinador de laboratorios.

Cuadro 10. Análisis de pares de las investigaciones propuestas al Departamento Técnico Agrícola Ingenio Santa Ana.

Problema	Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.	Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedad CG98-46 finca Provincias, Ingenio Santa Ana.	Distribución espacial y preferencia del parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> Cameron (Hymenoptera: Braconidae), en <i>Diatraea crambidoides</i> Grote y <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) (Lepidóptera: Crambidae) en caña de azúcar.	Capacidad de parasitismo de <i>Aprostocetus esurus</i> en crisálidas del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) Grote (Lepidóptera: Crambidae).	Eficiencia y persistencia de Clothianidin, Imidacloprid y Thiamethoxam para el controlar ninfas de chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) Finca La Unión.	Estimación de la tasa de bioregulación de huevos del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) en campo en función de un corredor ecológico de enero a noviembre de 2017.
Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.	-	Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.	Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.	Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.	Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.	Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.
Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedad CG98-46 finca Provincias, Ingenio Santa Ana.	-	-	Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedad CG98-46 finca Provincias, Ingenio Santa Ana.	Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedad CG98-46 finca Provincias, Ingenio Santa Ana.	Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedad CG98-46 finca Provincias, Ingenio Santa Ana.	Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedad CG98-46 finca Provincias, Ingenio Santa Ana.
Distribución espacial y preferencia del parasitismo de <i>Cotesia</i> , en <i>Diatraea crambidoides</i> Grote y <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) (Lepidóptera: Crambidae) en caña de azúcar.	-	-	-	Distribución espacial y preferencia del parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> , en <i>Diatraea crambidoides</i> Grote y <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) (Lepidóptera: Crambidae) en caña de azúcar.	Distribución espacial y preferencia del parasitismo de <i>Cotesia</i> , en <i>Diatraea crambidoides</i> Grote y <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) (Lepidóptera: Crambidae) en caña de azúcar.	Distribución espacial y preferencia del parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> , en <i>Diatraea crambidoides</i> Grote y <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) (Lepidóptera: Crambidae) en caña de azúcar.

Capacidad de parasitismo de <i>Aprostocetus esurus</i> en crisálidas del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) Grote (Lepidoptera: Crambidae).					-	Capacidad de parasitismo de <i>Aprostocetus esurus</i> en crisálidas del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) Grote (Lepidoptera: Crambidae).	Capacidad de parasitismo de <i>Aprostocetus esurus</i> en crisálidas del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) Grote (Lepidoptera: Crambidae).
Eficiencia y persistencia de Clothianidin, Imidacloprid y Thiamethoxam para el controlar ninfas de chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemiptera: Cercopidae) Finca La Unión.						-	Eficiencia y persistencia de Clothianidin, Imidacloprid y Thiamethoxam para el controlar ninfas de chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemiptera: Cercopidae) Finca La Unión.
Estimación de la tasa de bioregulación de huevos del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) en campo en función de un corredor ecológico de enero a noviembre de 2017.							-

Cuadro 11. Jerarquización de las investigaciones por frecuencia y rango obtenido del análisis de pares

No.	Problema	Frecuencia	Rango
1	Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.	5	1
2	Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedad CG98-46 finca Provincias, Ingenio Santa Ana.	4	2
3	Distribución espacial y preferencia del parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> Cameron (Hymenoptera: Braconidae), en <i>Diatraea crambidoides</i> Grote y <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) (Lepidóptera: Crambidae) en caña de azúcar.	3	3
4	Capacidad de parasitismo de <i>Aprostocetus esurus</i> en crisálidas del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) Grote (Lepidóptera: Crambidae).	2	4
5	Eficiencia y persistencia de Clothianidin, Imidacloprid y Thiamethoxam para el controlar ninfas de chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) Finca La Unión.	1	5
6	Estimación de la tasa de bioregulación de huevos del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) en campo en función de un corredor ecológico de enero a noviembre de 2017.	0	6

Cuadro 12. Priorización de acuerdo al rango obtenido en la jerarquización.

Prioridad	Problema
1	Estimación del factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i> Grote) (Lepidóptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum sp.</i>) Variedad CG-00 102.
2	Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedad CG98-46 finca Provincias, Ingenio Santa Ana.
3	Distribución espacial y preferencia del parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> Cameron (Hymenoptera: Braconidae), en <i>Diatraea crambidoides</i> Grote y <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) (Lepidóptera: Crambidae) en caña de azúcar.
4	Capacidad de parasitismo de <i>Aprostocetus esurus</i> en crisálidas del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) Grote (Lepidóptera: Crambidae).
5	Eficiencia y persistencia de Clothianidin, Imidacloprid y Thiamethoxam para el controlar ninfas de chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp. (Hemíptera: Cercopidae) Finca La Unión.
6	Estimación de la tasa de bioregulación de huevos del barrenador del tallo (<i>Diatraea crambidoides</i>) en campo en función de un corredor ecológico de enero a noviembre de 2017.

1.6 CONCLUSIONES

- La estructura organizativa del departamento puede observarse en la figura 2, en donde el puesto superior lo ocupa el jefe de departamento, siguiendo en la línea de mando continua el coordinador, jefe de sección, un jefe por cada laboratorio, y un técnico por cada región administrativa en campo.
- El programa general de manejo que utiliza el departamento técnico agrícola se basa en fundamentos de manejo integrado de plagas y criterios económicos tomado en cuenta eso se identificó que para el cálculo de los criterios de Nivel de daño económico se necesitaban determinar los factores de pérdida actualizados para condiciones de ingenio Santa Ana y las variedades actuales además de ello a través de investigaciones realizar control de calidad de los biocontroladores utilizados en el ingenio.
- El Departamento Técnico Agrícola entre sus prioridades de investigación se tiene en el orden siguiente; determinar el factor de pérdida del barrenador del tallo en la variedad CG -9810, Determinar el factor de pérdida de la chinche salivosa en la variedad CG-9846, determinar la preferencia y dispersión del parasitismo de *Cotesia flavipes* en los barrenadores *D. crambidoides* y *D. saccharalis*; Evaluación del parasitismo del *Aprostocetus esurus* en pupas del barrenador del tallo y determinar la residualidad de insecticidas en el control de la chinche salivosa.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Arroyo, L. (2013). *Informe programa manejo integrado de plagas, zafra 2012-2013*. Escuintla, Guatemala: Grupo Corporativo Santa Ana.
2. Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA). (2012). *Informe anual del cultivo de caña de azúcar*. Escuintla, Guatemala: ASAZGUA.
3. Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA). (2013). *Exportaciones*. Recuperado el 26 de 10 de 2016, de Asociación de Azucareros de Guatemala: <http://www.azucar.com.gt/economia2.html>
4. Badilla, F. (1986). *Resultados obtenidos en el programa de combate biológico del taladrador de la caña de azúcar, Diatraea tabernella en la Hacienda Juan Viñas*. Costa Rica: Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Boletín Informativo no. 27.
5. Badilla, F., & Gomez, J. V. (1995). Pérdidas de azúcar a nivel de fábrica causadas por el barrenador de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis* en el ingenio Tierra Buena, Guatemala. *V Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América* (pág. 12). Guatemala: ATAGUA.
6. Grupo Santa Ana, Guatemala. (2016). *Descripción general de Ingenio Santa Ana Guatemala*. Recuperado el 18 de agosto de 2016, de <http://www.santaana.com.gt/informaciongeneral.pdf>
7. Manejo Integrado de Plagas en Caña de Azúcar, Guatemala (CAÑAMIP). (2018). *Informe anual 2016-2017 (Programa de Manejo Integrado de Plagas)*. Escuintla, Guatemala.
8. Márquez, J. (2012). *Manejo integrado de plagas*. En *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala, Atemis Edinter. p.203-235.
9. Márquez, M., Hidalgo, H., Barrios, C., Sánchez, M., Solares, E., & López, A. (2002). *Estimación de pérdidas causadas por el barrenador del tallo*. Guatemala: CENGICAÑA.
10. Pec, M. (2016). *Informe programa manejo integrado de barrenadores, zafra 2015-2016*. Escuintla, Guatemala, Grupo Corporativo Santa Ana. 22 p.
11. Pérez Solares, G. (2008). *Elaboración de la documentación previa a la certificación ISO 9001:2000, del laboratorio de parasitoides Cotesia flavipes, Ingenio Santa Ana*. Tesis Ing. Mecánico Industrial. USAC, Facultad de Ingeniería: Guatemala. 322 p.

CAPÍTULO II

ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE PÉRDIDA OCASIONADO POR EL BARRENADOR DEL TALLO (*Diatraea crambidoides* GROTE) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) VARIEDAD CG-00 102, EN ESTADO DE PLANTÍA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA GUATEMALA.

2.1 INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es un cultivo de importancia económica y social en Guatemala, en el año 2013 generó el 15.36 % del total de exportaciones, y representó el 3 % del producto interno bruto nacional, así también genera alrededor de 425,000 empleos directos e indirectos (ASAZGUA, 2013). Entre los factores que limitan la producción se mencionan las plagas insectiles, siendo una de las principales los barrenadores del tallo del género *Diatraea*, causantes de pérdidas en el tonelaje de caña en campo y reducción del rendimiento en fábrica.

Esta plaga provoca daños y pérdidas durante todo el ciclo del cultivo, ya que causa daños directos e indirectos. Los daños directos los provoca en su estado larval debido a que construye galerías en los tallos y causa la muerte del meristemo apical daño conocido como “corazón muerto”. Los daños indirectos son considerables, ya que por los orificios y galerías penetran los hongos *Colletotrichum falcatum* Went y *Fusarium moniliforme* Sheldon, causando el muermo rojo siendo responsables de la inversión de la sacarosa y la disminución de la pureza del jugo provocando menor rendimiento en azúcar (Badilla & Gomez, 1995). El barrenador del tallo de caña de azúcar (*Diatraea crambidoides*) es la plaga de mayor importancia para el Ingenio Santa Ana según datos para la zafra 2015-2016, 4360.66 ha tuvieron daño arriba del 2 % de intensidad de infestación, esta área representa un 17 % del área bajo administración, lo cual repercute en pérdidas económicas anuales alrededor de U.S. \$. 1:928,000.00 (Arroyo, 2013).

La estimación de las pérdidas en los cultivos, provocadas por plagas insectiles, es el primer paso para cualquier programa de manejo integrado de plagas (MIP). El Ingenio Santa Ana no cuenta con un dato estimado en reducción de la producción (T/ha) por cada 1 % de intensidad de infestación del barrenador para las variedades cultivadas y las condiciones edafoclimaticas, por lo que generar datos de pérdida de *D. crambidoides* para las variedades y condiciones son básicos para mejorar la toma de decisiones en el manejo integrado de barrenadores, ya que para la toma de decisiones se utiliza el criterio de factor de pérdida de 0.8 % toneladas de caña/hectárea por unidad porcentual de intensidad de infestación, lo cual fue determinado en Costa Rica (Badilla & Gomez, 1995).

Se realizó este trabajo de investigación para determinar la reducción de la producción del cultivo de caña de azúcar variedad CG00102 por unidad de daño (intensidad de infestación) de barrenador (*Diatraea crambidoides*). El ensayo se llevó a cabo en un cañaveral de tercer tercio de 6 meses de edad en estado de plantía, se inocularon diferentes cantidades de larvas de 15 días de edad en un intervalo de 20 días, con el fin de obtener distintos niveles de intensidad de infestación los cuales correspondieron a los 5 tratamientos evaluados durante la investigación los cuales fueron 0 %, 9 %, 18 %, 36 % y 50 % de intensidad de infestación. Las unidades experimentales de 12 tallos fueron aisladas en jaulas con tela antiafidos, con los tallos tutorados, se tomaron datos de variables agronómicas como la altura de cada tallo de manera mensual y en la cosecha se tomaron los pesos de cada tallo con los cuales se estimó el rendimiento de toneladas de caña/hectárea de cada tratamiento y así se determinó la reducción en peso por cada unidad porcentual de intensidad de infestación del barrenador.

Luego de realizar el ensayo en campo y someter los datos obtenidos al análisis estadístico se determinó que el factor de pérdida debido al daño ocasionado por *Diatraea crambidoides* en la variedad de caña de azúcar CG-00102 fue de 0.236 % de la producción por cada unidad porcentual de intensidad de infestación. Y también que a medida que aumentaron los daños de intensidad de infestación de barrenador *D. crambidoides* la altura de los tallos de caña fue menor, de igual forma se mostró una reducción en el rendimiento de caña en T/ha.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco Conceptual

2.2.1.1 Importancia del cultivo de la caña de azúcar

El azúcar representa el 19 % del valor de la producción agrícola; el 3 % del PIB y un 23.5 % del total de divisas generadas por los productos tradicionales. A la vez, origina alrededor de 65,000 empleos directos, con ingresos superiores al promedio de las actividades agrícolas. Guatemala produce el 51 % del total de azúcar en Centroamérica, asimismo consume el 48 % de su producción, que es el porcentaje más bajo en Centroamérica, y es el sexto exportador mundial y tercero en Latinoamérica (ASAZGUA, 2012).

2.2.1.2 Principales plagas de caña de azúcar

Entre las principales plagas que afectan el cultivo de caña de azúcar, debido al área afectada y las pérdidas económicas que provocan están: los Barrenadores del tallo (*Diatraea saccharalis*; *Diatraea crambidoides*), Chinche salivosa de la caña de azúcar (*Aeneolamia postica* y *Prosapia simulans*), y Rata (*Sigmodon hispidus*).

2.2.1.3 Barrenadores del tallo (*Diatraea saccharalis*; *Diatraea crambidoides*)

La biología de las especies de *Diatraea* indica que ambas colocan huevos agregados en posturas y requieren entre cinco y seis días para eclosionar. El período de desarrollo larval es significativamente diferente, ya que en *D. saccharalis* es de 21 a 23 días, en tanto que en *D. crambidoides* se prolonga de 33 a 43 días. Es por ello que el ciclo promedio de vida se estima entre 41 y 57 días, respectivamente. El período de pupa requiere de 8 a 10 días, luego emergen los adultos, que viven de tres a cuatro días en promedio. Rara vez se ven los adultos en el campo, ya que son de hábitos nocturnos y voladores de poco alcance, atraídos por las luces artificiales nocturnas (Márquez, 2012).

a. Clasificación Taxonómica

(Myers,2014) Reportan la clasificación de *Diatraea crambidoides*, además se mencionan como sinónimos *Chilo crambidoides* Grote, *Diatraea zeacolella* Dyar 1880.

Clase: Insecta
 Orden: Lepidóptera
 Familia: Pyralidae o Crambidae
 Género: *Diatraea*
 Especies: *D. crambidoides* (Myers, y otros, 2014)

b. Biología de la plaga

Los barrenadores del tallo de la caña de azúcar del género *Diatraea*, tienen metamorfosis holometábola o completa, caracterizada por presentar su desarrollo biológico en etapas diferenciadas que comprenden los estados: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 1).



Fuente: Pec, H. M., 2015

Figura 9. Ciclo de vida de *Diatraea crambidoides*

i. Huevo

El huevo es ovalado y aplanado en su base, mide 1.15 mm de largo por 0.05 mm de ancho; recién puestos son de color blanco cremoso y cuando están próximos a la eclosión se tornan rojizos o anaranjados, con una puntuación negra. El periodo de incubación tarda de 4 a 5 días (Badilla, 1986).

ii. Larva

Las larvas son del tipo eruciforme, con tres pares de patas torácicas, cuatro pares de pseudopatas abdominales y un par anal. Recién emergidas del huevo miden 1.5 mm a 2.0 mm de largo y son de color amarillento. (Badilla, 1986)

Las larvas completamente desarrolladas tienen una longitud aproximada de 26 mm, poseen una cabeza marrón que se torna negra hacia las partes bucales. La cubierta cervical es marrón claro, con tiznes de negro en la parte ventral. El cuerpo es blanco con pináculos y setas de color marrón. El estado larval pasa por cinco instares, con una duración entre 28 y 30 días (Badilla, 1986).

iii. Pupa

Es del tipo obtecta, mide cerca de 22 mm de largo y su color es marrón oscuro. Presenta dos protuberancias en forma de cuernos cortos en la cabeza, y en los segmentos abdominales relieves en forma de dientes. Este estado dura 10 a 14 días, al final del cual emerge la polilla. Generalmente el ciclo de vida de *D. crambidoides*, de huevo a emergencia del adulto demora entre 43 a 47 días, esto puede variar según el clima (Badilla, 1986).

iv. Adulto

Es una polilla que mide entre 25 mm y 30 mm de expansión alar, es de color amarillo pálido. Las alas anteriores son de color pajizo, con dos rayas oblicuas más destacadas, siendo en los machos más oscuras; las alas posteriores son blanquecinas, también algo oscuras en los machos. Los palpos labiales son muy desarrollados y están proyectados hacia adelante. Los adultos, puede durar de 3 a 5 días (Badilla, 1986).

c. Daño del barrenador

Cuando las larvas emergen se alimentan inicialmente de las células de parénquima de las hojas durante 2 ó 3 días, antes de penetrar al tallo. Después de la primera muda, ingresan por las yemas o por la zona de la vaina de la hoja, en la sección superior, para formar galerías internas que pueden ser transversales, longitudinales, o ambas. La literatura informa que características como la dureza de la epidermis y el contenido de fibra son elementos que limitan la entrada de larvas y permiten a distintas variedades de caña comportarse en forma diferente al barrenador.

Otro del efecto se produce en el deterioro de la calidad del jugo, el cual se asocia con la proliferación del muermo rojo (*Colletotrichum falcatum*) que produce una reducción en el pol y brix, así como un aumento en el porcentaje de fibra (Márquez, y otros, 2002).

En las figuras 10 y 11, se puede observar las galerías ocasionadas por una larva de *Diatraea crambidoides* de 15 días, infestada de manera artificial, para pruebas donde se determinó que una larva de esa edad puede barrenador 2 entrenudos antes de cambiar de mudar a crisálida (Pec, 2016).



Figura 10. Fotografía de corte longitudinal de tallo de caña de azúcar con galerías ocasionadas por larva de *D. crambidoides*



Figura 11. Fotografía de daño en dos entrenudos provocado por una larva de *D. crambidoides* de 15 días de edad.

La larva al alimentarse de la fibra obstruye los haces vasculares, lo que impide el desarrollo fisiológico normal de la planta. En los tallos desarrollados, las larvas construyen galerías, en general, en forma longitudinal y transversal, esto produce la quiebra de la caña, de esta manera se reduce el tonelaje por área (Subirós, 1995).

Para realizar la evaluación de daño se toman en los frentes de corte al azar 10 cañas/ha, revisando en cada caña la presencia o no de perforaciones por barrenadores y contando el número de entrenudos que componen el tallo de la caña. Aquellas cañas que presentan perforaciones se abren longitudinalmente para determinar el número de entrenudos dañados. Estos muestreos son la herramienta que provee información importante para definir el área de acción durante el rebrote del cultivo, con el fin de ejercer el control de larvas de *Diatraea* spp. (Salazar, Sáenz, Oviedo, Alfaro, & D., 1999).

Los índices de daño valorados en las plantaciones de caña de azúcar se realizan mediante el muestreo de tallos afectados por la plaga de barrenador *D. crambidoides* y se calculan según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Infestación (I. \%)} = \frac{\text{Cañas perforadas}}{\text{Total de cañas}} * 100$$

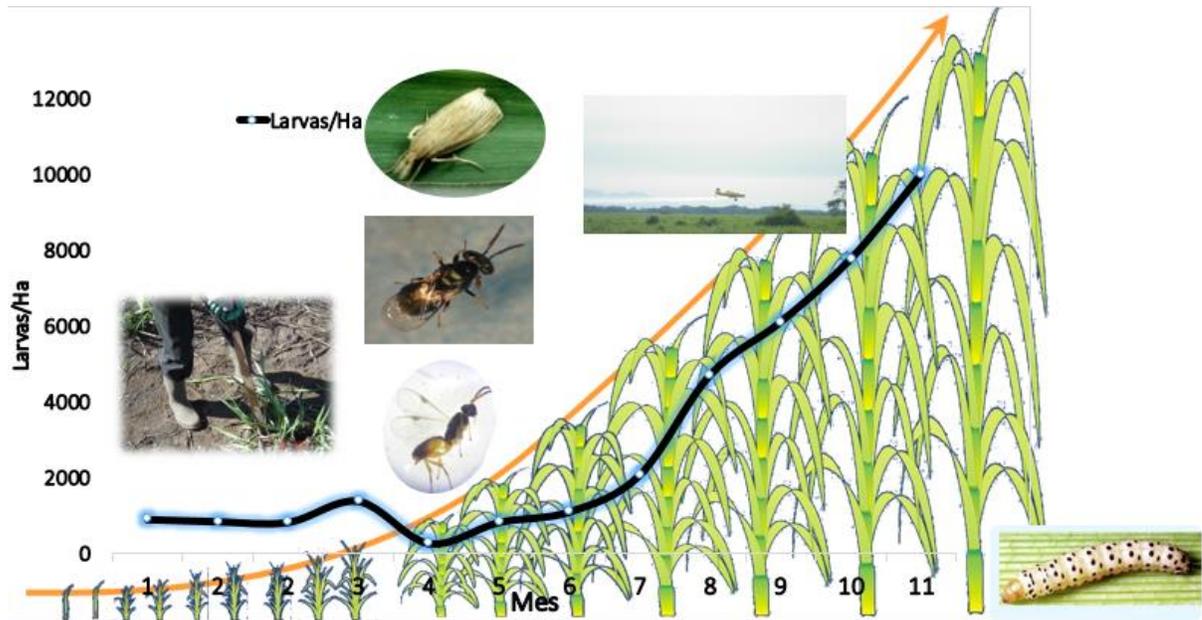
$$\text{Intensidad de Infestación (I.I. \%)} = \frac{\text{Entrenudos barrenados}}{\text{Total de entrenudos}} * 100$$

La Intensidad de Infestación es el parámetro más usado a nivel internacional para cuantificar los daños que ocasiona esta plaga. Para estimar el factor de pérdida (pérdida de kilogramos de azúcar por tonelada de caña), es recomendable utilizar ese parámetro y no el porcentaje de Infestación (I), ya que el primero da una mejor idea de la situación de la plaga, porque considera el total de entrenudos muestreados (Subirós, 1995).

Estudios de CENGICAÑA-CAÑAMIP indican que el factor de pérdida es de 0.36 kg Azúcar/t, por cada 1 % de entrenudos dañados. Para una producción promedio de 90 t/ha, se estima un índice de daño de aproximadamente 32.4 kg/ha de azúcar por 1 % de entrenudos dañados. Las mayores pérdidas ocurren en el estrato litoral Pacífico, en donde al menos 57,075 ha se han monitoreado, de esas aproximadamente el 11.9 % superó el umbral de acción de 5.0 % de intensidad de infestación (i.i), en la zafra 2010-2011 (Márquez, 2012).

d. Dinámica poblacional de larvas del barrenador del tallo (*D. crambidoides*)

A continuación, se muestra la Dinámica poblacional de larvas de barrenador y el ciclo del cultivo de caña de azúcar además de los diferentes métodos de control realizados a lo largo del ciclo del cultivo desde entresaque de corazón muerto, liberación de parasitoides *Cotesia flavipes* y *Aprostocetus esurus*, liberación de insectos estériles, aplicaciones aéreas de bio insecticidas como *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Figura 12).



Fuente: Pec, M., 2016.

Figura 12. Dinámica poblacional de larvas de barrenador (*Diatraea crambidoides*).

La densidad poblacional de larvas de barrenador por hectárea aumenta conforme el ciclo del cultivo avanza, tal como se muestra en la figura 12, en los primeros 5 meses de edad del cultivo los niveles de población están por debajo de 2000 larvas/ha y a partir del sexto mes los niveles de población comienzan a aumentar hasta llegar a las 10,000 larvas/ha.

A pesar de las labores de control realizadas en los primeros meses, las poblaciones de barrenador aumentan esto se debe a las condiciones ambientales, esto se pudo observar en investigaciones realizadas en Ingenio Santa Ana donde se concluyó que a medida que la edad del cultivo avanza, aumenta la población de barrenador (*Diatraea crambidoides*).

2.2.1.4 Bioeconomía

Es el estudio de las relaciones entre la densidad de las plagas, las respuestas de los hospederos al daño y las pérdidas económicas resultantes (Pedigo, 1996). La Bioeconomía sirve para formar la base de las evaluaciones y de las tomas de decisiones. (Pedigo, 1996)

2.2.1.5 Manejo integrado de plagas

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un concepto amplio que se refiere a un sistema de manejo de poblaciones plagas, que utiliza todas las técnicas adecuadas en una forma compatible, para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de aquellos niveles capaces de causar daño económico. En la toma de decisiones, la pregunta fundamental en la cual se basa es la necesidad de conocer cuántos insectos causan tal cantidad de daño y si este daño es significativo para iniciar la acción de control.

De las reglas de decisión, ninguna ha tenido más éxito que las relacionadas con el concepto de Nivel de daño económico (Pedigo, 1996).

2.2.1.6 Nivel de daño económico

El Nivel de daño económico es la densidad más baja de la plaga que causa una magnitud de daño que justifica el costo de la medida o plan de control. Desde el punto de vista económico se refiere a la densidad de la plaga cuyo daño iguala al costo de la acción de control.

El nivel de daño económico se calcula a través de la siguiente ecuación:

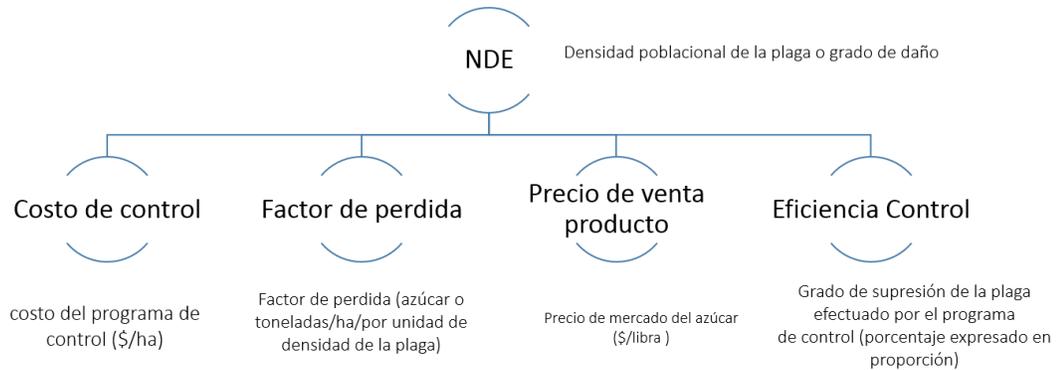
$$NDE = \frac{CC}{FP * PTC * EFC}$$

Donde:

- CC = Costo de control
- FP = Factor de pérdida
- PTC = Precio de venta en Valor de la tonelada de caña
- EFC = Eficiencia de control

2.2.1.7 Componentes del nivel de daño económico

En la figura 13, se presentan los componentes del nivel de daño económico



Fuente: Pec, M., 2016.

Figura 13. Componentes del nivel de daño económico.

a. Costo de la medida de control (CC)

Es el costo que representa aplicar el producto o programa definido de control por hectárea, y se expresa generalmente en dólares (\$/ha).

b. Factor de Pérdida (FP)

Se refiere a la pérdida de azúcar (libras, kilogramos o toneladas) por hectárea asociado a una unidad de densidad de la plaga o unidad de daño.

c. Precio de venta en valor de la tonelada de caña/ha (PTC)

Se refiere al precio de una unidad de producto (tonelada) expresado en una unidad monetaria convencional que generalmente es el dólar americano.

- d. Eficiencia de control o grado de supresión de la plaga efectuado por la medida de control (EFC)

Se refiere a la eficiencia de la medida de control sobre la plaga, expresada como una proporción (valores entre 0 y 1). Estos se obtienen de ensayos específicos o bien de las pruebas realizadas con la medida de control.

2.2.1.8 Umbral económico o umbral de acción

Se define como la densidad poblacional de la plaga en donde el productor debe iniciar la acción de control para evitar que la población sobrepase el Nivel de Daño Económico, en el futuro. Esto se plantea así porque se supone que hay un tiempo que transcurre entre la estimación de la densidad (monitoreo) y el control de la plaga. Es por ello, que el umbral de acción (UE) es una densidad menor que el NDE para permitir el tiempo en que actúa el método de control (CARRILLO & JUÁREZ, 1996).

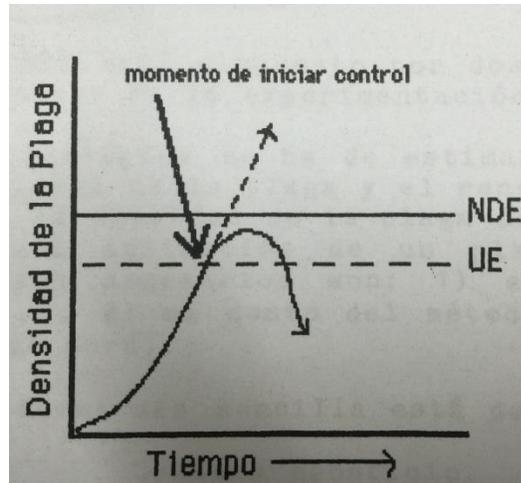
En el cuadro 13 se muestran los parámetros de factor de pérdida y umbral económico utilizados en el ingenio Santa Ana, para las principales 3 plagas presentes en cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 13. Factor de pérdida de las principales plagas, utilizados en Ingenio Santa Ana.

Plaga	Factor de pérdida
Barrenador del tallo	0.39 kg Az/t/1 % intensidad de infestación
Chinche salivosa	8.21 TCH/1 ad/tallo
Rata de campo	0.5 TCH/1 % infestación. 2.19 kg Az/t/1 % i.i.

Fuente: CENGICAÑA, 2013.

El Nivel de daño económico se encuentra a una densidad mayor que el umbral económico. Como se muestra en la figura 14.



Fuente: Pedigo, 1996.

Figura 14. El Nivel de Daño Económico (NDE) y el Umbral Económico (UE).

2.2.2 Marco Referencial

2.2.2.1 Ubicación geográfica de la finca

El Grupo Corporativo Santa Ana está localizado en la finca Cerritos en la cabecera departamental de Escuintla.

Está situado a 4.5 km del municipio de Escuintla y una distancia de 65.6 km de la ciudad capital. Colinda al Norte con las carreteras que conducen hacia el municipio de Santa Lucia Cotz, al Sur y al Este con el municipio de Masagua, Escuintla y al Oeste con la finca Rancho María. Las instalaciones del ingenio tienen una extensión de 423.24 ha (Pec, 2015).

La investigación se llevó a cabo en la finca Cerritos, específicamente en un lote de cultivo en el área experimental a 1.5 km de las instalaciones del Ingenio Santa Ana. (Figura 15).



Fuente: Google earth, 2017.

Figura 15. Mapa de ubicación geográfica de la Finca Cerritos, Ingenio Santa Ana.

2.2.2.2 Condiciones del material vegetal a utilizar

a. Estado fenológico

La investigación se realizó en un lote de tercer tercio (cosecha en meses de abril a mayo) de caña de azúcar es estado de plantía (no se ha realizado ningún corte de producción) de 6.03 meses de edad.

b. Caña de Azúcar variedad CG00102

Es una variedad anual, la cual fue liberada en los últimos años por CENGICAÑA, y dentro de sus especificaciones no se tiene la carta de resistencia y/o susceptibilidad de plagas.

Esta variedad está considerada dentro de una categoría semi-comercial, el ingenio Santa Ana en su plan de renovación estima aumentar sus áreas de producción con esta variedad para las próximas zafras, debido a su alto rendimiento que en promedio para las condiciones del estrato medio (finca cerritos principalmente) se encuentra entre 120 y 130 T/ha. Como también de azúcar por hectárea. (ASAZGUA, 2012)

Dentro de sus características morfológicas según muestreos realizados en el Ingenio Santa Ana, esta variedad alcanza una altura de 3.4 m y una producción media de 22 a 23 entrenudos.

2.2.2.3 Descripción del área.

Esta área se ubica a una altitud entre los 155 m y 160 m s.n.m. La precipitación pluvial oscila entre 2,000 a 3,000 mm/año, distribuidos en 8 meses de los cuales, el mes de mayor precipitación pluvial es septiembre con 700 mm de lluvia. La temperatura promedio en esta zona es de 25.65 °C. La humedad relativa promedio anual es de 89 %, estos datos se tomaron del historial de 10 años de la estación meteorológica ubicada en la estación experimental del ingenio Santa Ana.

2.2.2.4 Antecedentes

En Costa Rica con el objeto de evaluar las pérdidas agroindustriales y económicas causados por el Barrenador Común del Tallo (*Diatraea* spp), se procedió a realizar proyectos de investigación en cinco regiones cañeras del país. Dentro de la metodología de muestreo utilizada consideró tallos perforados y barrenados en los frentes de corte durante diferentes zafras. Las muestras se tomaron de lotes comerciales, considerando los dos tercios inferiores de tallos molederos provenientes del frente de corte. Se formaron agrupaciones de 25 entrenudos, la primera categoría estuvo conformada por 25 entrenudos sanos (testigo), incorporando un entrenudo dañado de manera constante a cada categoría, lo que corresponde a una variación constante de 4 % de I.I. entre cada una de ellas. Se encontró un factor de pérdida de 0,320 Kg; 0,420 Kg; 0,505 Kg; 0,590 Kg y 0,604 Kg. de azúcar/T de caña por cada 1 % de I.I. en Cañas, San Carlos, Grecia, Juan Viñas y Pérez Zeledón, respectivamente.

Estos resultados permiten estimar las pérdidas económicas provocadas por los barrenadores en esas regiones de Costa Rica, según los niveles de daño y los rendimientos agroindustriales producidos por esas variedades (Quiros, Salazar, Morera , Oviedo, & Barrantes, 2001).

En Guatemala también se han realizado investigaciones o ensayos con el mismo fin de estimar el factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo, tal es el caso del Ingenio La Unión de forma conjunta con CENGICAÑA, Se sembraron dos variedades de caña CP72-2086 y PR87-2080. Dentro de cada variedad se establecieron subparcelas de 6 surcos de 10 m de largo en donde se aleatorizaron 7 niveles de infestación que incluyeron: 0 %, 2 %, 4 %, 8 %, 16 %, 24 % y 32 % de tallos a infestar de manera artificial con larvas de *D. saccharalis* provenientes del laboratorio de parasitoides del ingenio La Unión/Los Tarros. Se concluyó que las infestaciones artificiales con larvas de *D. saccharalis* en condiciones de campo no fueron eficientes para obtener valores extremos de daño y será conveniente estudiar infestaciones con posturas de huevecillos de esta plaga en futuras evaluaciones.

En otro ensayo se confirma el deterioro del jugo de los tallos dañados por barrenador, determinando un índice de pérdida de 0.69 lb/T y 0.78 lb/T de caña para las variedades CP-72 2086 y PR87-2080 respectivamente (Márquez, y otros, 2002). El ingenio La Unión ha utilizado un índice de pérdida para CP72-2086 de 0.38 lb/T (equivalente a 0.42 lb/T) en la zona baja, el cual difiere significativamente con el encontrado en este estudio y será conveniente su consideración.

Badilla y Gómez (1995) también estudiaron las pérdidas de azúcar en dos variedades de caña, utilizando muestras arregladas en grupos de 10 cañas (sanas y dañadas), para obtener porcentajes de infestación preestablecidos de 0 % a 100 % de intensidad de infestación, rajando longitudinalmente las cañas para el recuento de entrenudos dañados. De los modelos matemáticos evaluados, los que mejor explicaron el comportamiento de la variable porcentaje de intensidad de infestación sobre las pérdidas de azúcar para las variedades CP-731547 y L-7645, fueron: cuadrático, raíz cuadrada y lineal. Para la variedad CP-731547, el modelo lineal $Y = 88.13 - 0.33X$, indica que se pierden 0.33 kg de azúcar/tonelada métrica de caña, por cada 1 % de entrenudos dañados, equivalente a 0.661bs de azúcar/tonelada de caña.

En el ingenio Santa Ana se estima una reducción en la producción de 0.86 lb/T de azúcar por cada 1 % de Intensidad de infestación, así mismo se presume que por el mismo nivel de I.I se reduce 0.8 % de T/ha en la producción (Badilla & Gomez, 1995).

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Cuantificar los daños provocados en el crecimiento y rendimiento (T/ha) ocasionados por la inoculación de barrenador (*Diatraea crambidoides*) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*) variedad CG-00102.

2.3.2 Objetivos específicos.

Determinar el efecto de cada unidad porcentual de intensidad de infestación en la altura de la caña de azúcar.

Determinar la reducción de las toneladas por hectárea por cada unidad porcentual de intensidad de infestación del barrenador del tallo en el cultivo de caña de azúcar.

2.4 HIPÓTESIS

La intensidad de infestación del barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*), tiene una relación directa con la reducción de la producción de caña de azúcar (ton/ha) al afectar el crecimiento y desarrollo de la planta.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Obtención del insecto plaga (larva de *Diatraea crambidoides*)

Las larvas que se utilizaron durante la investigación se obtuvieron del laboratorio de producción de parasitoides del Ingenio Santa Ana. Se tomaron huevos de la cría comercial del laboratorio y se colocaron en dieta sintética propuesta por Badilla *et al* 1995, durante 15 días del desarrollo larval a una temperatura de $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $80\% \pm 10\%$ humedad relativa, después se extrajeron las larvas de la dieta artificial y se seleccionaron según sus características de tamaño y peso (15 mm y de 10 g) para que fueran similares para todos los tratamientos, se utilizaron larvas de 15 días para la inoculación artificial con el fin que se alimentaran de los tallos un tiempo de 15-17 días.

2.5.2 Selección y preparación del material vegetal

Se seleccionó un área no endémica con esta plaga y con la variedad CG-00102 establecida, la edad del cañal cuando se comenzó la investigación era de 6 meses ya que a esta edad es cuando comienza a incrementar las poblaciones de larvas de *D. crambidoides* en las áreas de cultivo de caña de azúcar como se muestra en la figura 12 y según los registros históricos del Ingenio Santa Ana.

Se realizó un monitoreo previo al establecimiento del ensayo con el cual se determinó que el área no estuviera infestada de la plaga y se realizó un muestreo de pureza varietal para garantizar únicamente la variedad de interés, además de ello se muestrearon 5 puntos por hectárea para determinar la altura promedio de los tallos de caña, luego de esto se seleccionaron 12 tallos por unidad experimental con condiciones de altura similares.

Después de la selección de las unidades experimentales se colocó una estructura tipo jaula con dimensiones (1.5mX1.5mX4.5m), las cuales se sujetaron con la ayuda de “postes” de 5 m de altura.

2.5.3 Diseño experimental

2.5.3.1 Completamente al azar.

Este diseño se recomienda cuando las condiciones del lugar y de manejo donde se lleva a cabo la investigación son homogéneas. Debido a que la investigación se llevó a cabo bajo condiciones controladas para cada unidad experimental utilizando tela antiáfidos se justificó el uso de este diseño.

2.5.4 Tratamientos y repeticiones

Para estimar el factor de pérdida que ocasiona la larva del barrenador del tallo *Diatraea crambidoidea* fue necesario conocer la cantidad de entrenudos que posee cada tallo de la variedad en estudio (CG-00102), que según el análisis estadístico de muestreo de cosecha de la zafra 2015-2016 fue de 21.67 a 23.20 entrenudos/tallo con una media de 22.1, con un nivel de confianza del 95 %.

La cantidad de entrenudos por tallo es un dato importante el cual fue el punto de partida para la determinación del daño que se estimó y se provocó para lograr los distintos niveles de intensidad de infestación de los tratamientos. La intensidad de infestación es la variable que maneja el ingenio Santa Ana para determinar la severidad del barrenador y se calcula con la siguiente ecuación.

$$\text{Intensidad de infestacion (ii)} = \frac{\text{entrenudos dañados}}{\text{entrenudos total}} * 100$$

Se consideró en promedio para esta variedad 22 entrenudos/tallo. Según el muestreo realizado al momento de iniciar la investigación los tallos tenían un total de 9 entrenudos. Se comenzó a inocular larvas a partir del octavo entrenudo hacia la parte apical para todos los tallos para que comenzaran con las mismas condiciones.

El porcentaje de intensidad de infestación ocasionado por larvas de *D. crambidoidea* conformaron los tratamientos y se establecieron como se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	% Intensidad de Infestación	Entrenudos totales/tallo	Entrenudos dañados/tallo	Larvas penetrantes /tallo
1	0	22	0	0
2	9	22	2	2
3	18	22	4	4
4	36	22	8	8
5	50	22	11	11

Fuente: elaboración propia, 2017.

Se realizaron 5 repeticiones, esto fue definido según los recursos brindados por la empresa.

2.5.5 Unidad experimental

La unidad experimental consistió en 12 tallos molederos distribuidos a lo largo del surco de siembra los cuales fueron infestados con diferentes cantidades de larvas dependiendo del tratamiento. Cada unidad experimental se protegió con jaulas de tela anti-afidos para evitar daños por otros insectos.

2.5.6 Arreglo espacial de los tratamientos evaluados

En la figura 16, se presenta un croquis con el arreglo espacial de los tratamientos evaluados

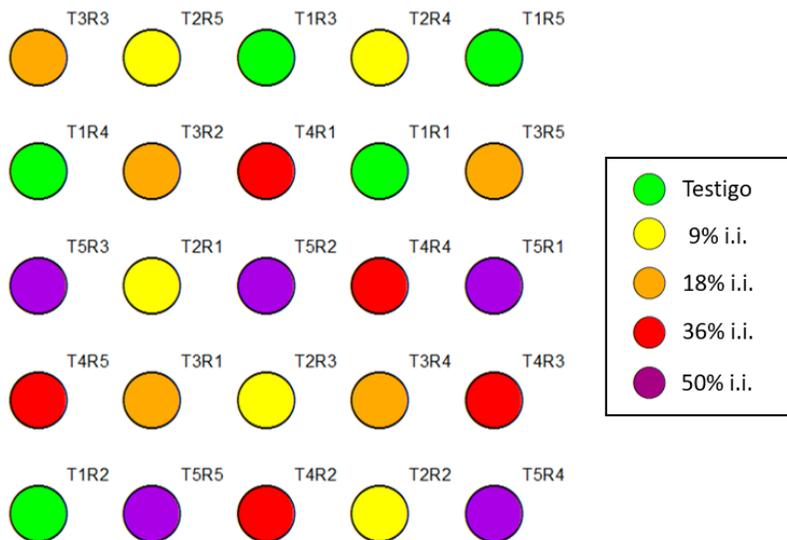


Figura 16. Croquis de campo

2.5.7 Proceso de inoculación

Las larvas seleccionadas en el laboratorio de producción de parasitoides se colocaron con cuidado en el límite de la hoja y de la lígula, para que se colocará la larva la vaina de la hoja debía estar turgente y separada 2mm - 3 mm del tallo para que la larva pudiera ingresar y con ello penetrar el tallo.



Figura 17. Larva de *D. cramboides* penetrando un tallo de caña de azúcar específicamente en el área de la lígula

Según observaciones previas una larva de 15 días de edad en un tiempo de 17 días es capaz de causar una galería que atraviesa de uno a dos entrenudos. Con base a esto se inocularon las larvas en intervalos de 20 días. Como se muestra en el cuadro 15.

Cuadro 15. Frecuencia de colocación de larvas para los tratamientos

Número de Inoculación	1	2	3	4	5	6	7
Edad del cultivo (días)	183	203	228	250	271	291	312
Entrenudos dañados	1	1	2	2	2	2	1
Días		20	25	22	21	20	21
Total, de entrenudos dañados	1	2	4	6	8	10	11
Porcentaje de I.I. Alcanzado (%)		9	18		36		50

Fuente: elaboración propia, 2017.

Las inoculaciones de los tallos con larvas se realizaron desde los 183 días (6.10 meses) hasta los 312 días (10.4 meses) edad del cultivo. Dos días después de las inoculaciones se revisaron que las larvas penetraran los tallos, de no ser así se volvía a colocar otra larva para asegurar que penetrara.

2.5.8 Variables de respuesta

2.5.8.1 Variables agronómicas o biométricas

a. Altura de planta hasta el meristemo caulinar apical o cogollo (cm).

A partir de la primera inoculación se tomaron datos de altura de planta, con los cuales se determinó si existía un efecto adverso en el crecimiento del tallo por la perforación de los entrenudos por el barrenador del tallo *D. crambidoides* y en consecuencia el crecimiento del cultivo.

La toma de la altura se llevó a cabo de manera mensual después de la primera inoculación de larvas de *D. crambidoides* y se realizó midiendo la longitud del tallo desde el suelo hasta el meristemo caulinar apical también conocido como cogollo o collarín.

Se midieron los 12 tallos que conformaba cada unidad experimental para luego determinar el promedio de altura por unidad.

2.5.8.2 Rendimiento de caña de azúcar en T/ha

Para determinar el rendimiento se midió el peso de cada tallo por cada unidad experimental, seguido de esto se realizó un muestreo en el lote de producción donde se llevó a cabo la investigación con el cual se determinó la cantidad promedio de tallos por metro lineal, para luego estimar la cantidad total de tallos por hectárea. Con el peso de cada tallo y con la cantidad de tallos estimada por hectárea se determinó el rendimiento en T/ha.

2.5.9 Análisis de la información.

Con la finalidad de evaluar el supuesto de la distribución normal de los errores se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para los residuos de las variables de altura y rendimiento de caña en T/ha y para los residuos absolutos de estas mismas variables se realizó la prueba de Levene para evaluar el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Para determinar si existe diferencia estadística entre los distintos niveles de intensidad de infestación (tratamientos), se realizó un análisis de varianza (ANDEVA).

También se realizó una prueba de medias empleando el criterio de Scott & Knott utilizando para determinar los tratamientos que tienen mayor desarrollo en la altura y rendimiento (T/ha).

Para determinar el factor de pérdida ocasionado por el barrenador del tallo *D. cramboides* se realizó un análisis de regresión entre las variables peso e intensidad de infestación para determinar el grado de reducción del peso por unidad porcentual de intensidad de infestación que se refiere al coeficiente angular de la regresión.

2.5.10 Manejo del experimento

2.5.10.1 Condiciones de manejo agrícola comercial

A las unidades experimentales se les dio las mismas condiciones que a cañaverales comerciales (fertilización, manejo de malezas) y se cosechó a los 11.57 meses de edad, se realizó una cosecha sin quema.

Al momento de la cosecha se determinó el porcentaje de intensidad de infestación de barrenador *D. cramboides* para cada tallo evaluado, con el fin de asegurar que los niveles propuestos fueran alcanzados.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Altura de la planta

En la figura 18, se presenta la dinámica de la altura de la planta por tratamiento.

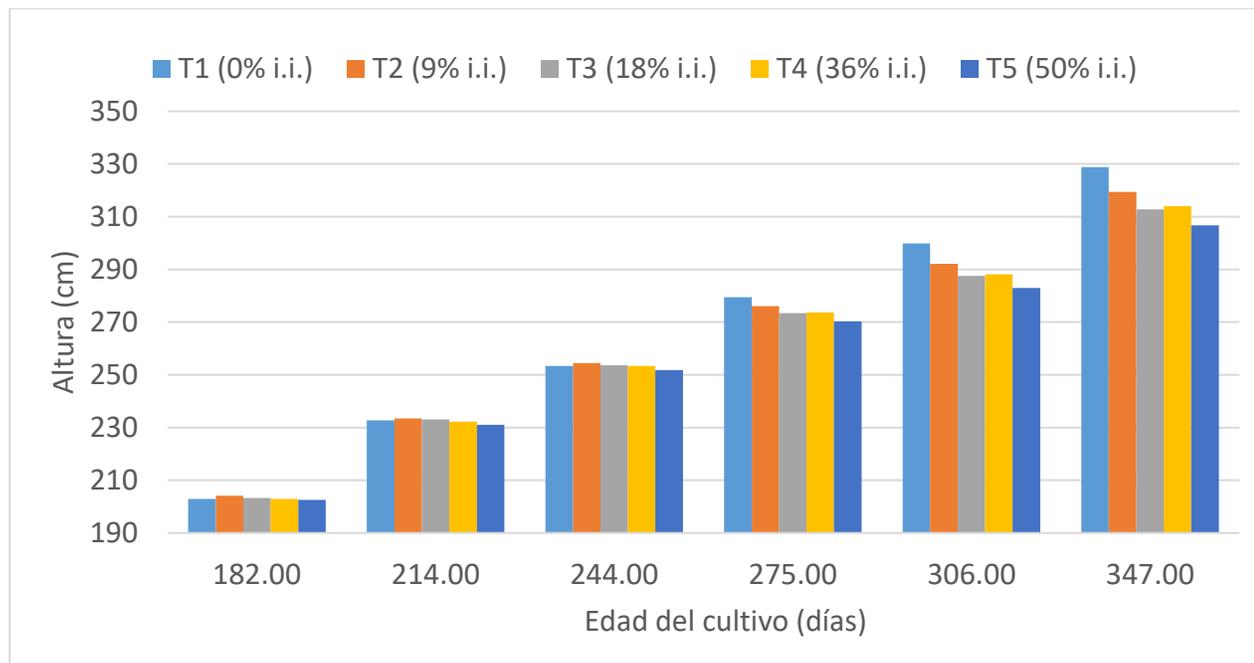


Figura 18. Dinámica de la altura de la planta en respuesta a los niveles de daño de *D. crambidoides*

En el cuadro 16, se presenta el análisis de varianza para la variable altura de la planta de caña de azúcar (*Saccharum sp.*) a los 182 días de la edad del cultivo.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable altura de la planta de caña de azúcar *Saccharum sp.* Variedad CG-00102 a los 182 días de edad del cultivo. Ingenio Santa Ana

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor de p
Tratamiento	11.47	4	2.94	0.30	0.8733
Error	194.96	20	2.94		
Total	206.72	24			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad

S.C.: sumatoria de cuadrados

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

Coefficiente de variación: 2.54%

A los 182 días (6.07 meses) de edad del cultivo, se realizó el primer muestreo de las plantas a utilizar donde se determinó que la altura promedio para todas fue de 203.32 cm, luego de realizar el análisis de varianza se determinó que no existe diferencia significativa entre las alturas de los tratamientos ($0.8733 > 0.05$), lo cual nos indica que todas las plantas partieron con altura estadísticamente iguales. Según el análisis estadístico de muestreo mensual de variables biométricas que realiza el ingenio Santa Ana se reporta una altura a los 6 meses de edad para lotes de tercer tercio de esta variedad en estudio CG-00102 que oscila entre 1.984 m y 2.09 m con una media de 2.05 m, con un nivel de confianza del 95 %.

Las infestaciones se comenzaron a realizar a partir de los 6.10 meses de edad del cultivo debido que son los meses donde la dinámica poblacional de *D. crambidoides* aumenta y comienza a sobre pasar los niveles de daño económico (Pec, 2016). Tras realizar 5 inoculaciones de larvas, 92 días después de la primera se observó diferencia en el crecimiento por efecto de los tratamientos tal como lo muestra la figura 17, que las plantas sometidas al tratamiento testigo, las cuales no fueron infestadas con larvas de *D. crambidoides* tuvieron mayor crecimiento con respecto a las que fueron infestadas, observándose el mismo comportamiento hasta la cosecha, en el cuadro 17 se muestra los resultados.

Cuadro 17. Análisis de la varianza para la variable altura de la planta a los 347 días de edad (un día antes de la cosecha). Ingenio Santa Ana

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor de p
Tratamiento	936.07	4	234.02	11.35	<0.0001
Error	412.30	20	20.62		
Total	1348.37	24			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad

S.C.: sumatoria de cuadrados

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

Coefficiente de variación: 1.43%

De acuerdo con el análisis de varianza, existe efecto significativo ($0.0001 < 0.05$) en las alturas de los tallos debido al efecto de los niveles de intensidad de infestación de barrenador del tallo *D. Crambidoides* (Tratamientos).

El supuesto de normalidad se evaluó utilizando el test de Shapiro-wilk con el cual se determinó que los residuos de los datos de la variable altura de planta presentan una distribución normal con un valor de $p = 0.1816$. Así mismo se determinó con la prueba de Levene que existe homogeneidad de varianza para los residuos absolutos de la variable en estudio con un valor de $p = 0.6371$. Como se presentan en anexos cuadros 21 A y 22 A.

Se realizó una prueba de post-ANDEVA empleando el criterio de Scott & Knott para poder definir el nivel de daño de barrenador que presenta mayor altura en los tallos de caña de azúcar en cosecha, (cuadro 18).

Cuadro 18. Prueba de medias por medio del test de Scott & Knott al 5 % sobre la variable altura de planta de caña de azúcar *Saccharum sp.* Variedad CG-00102 al momento de la cosecha.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Grupo Scott & Knott
0 % i.i.	329.38	5	2.2	A
9 % i.i.	316.22	5	2.2	B
18 % i.i.	314.93	5	2.2	B
36 % i.i.	314.28	5	2.2	B
50 % i.i.	312.26	5	2.2	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Según el criterio de Scott & Knott con un nivel de significancia del 5 %, nos indica que los 4 tratamientos donde se infestaron las plantas con larvas de *D. crambidoides* son estadísticamente iguales (grupo B), mientras que el tratamiento testigo es superior ya que presenta mayor altura de las plantas al momento de la cosecha. Los tallos infestados con 9 % y con 50 % de intensidad de infestación son iguales estadísticamente esto puede deberse a que los daños se realizaron en la parte media hacia la parte alta del tallo y eso provocó que no se diera bien el efecto en el crecimiento. Los daños ocasionados por barrenadores del tallo de caña de azúcar del género *Diatraea* tienen mayor efecto en la reducción de tonelaje y azúcar cuando se dan en las fases tempranas del cultivo (Gómez & Lastra, 1995).

2.6.2 Relación entre la altura de planta al momento de la cosecha y el rendimiento de caña expresado en T/ha.

En la figura 19, se presenta la altura de planta al momento de la cosecha y el rendimiento de caña en T/ha.

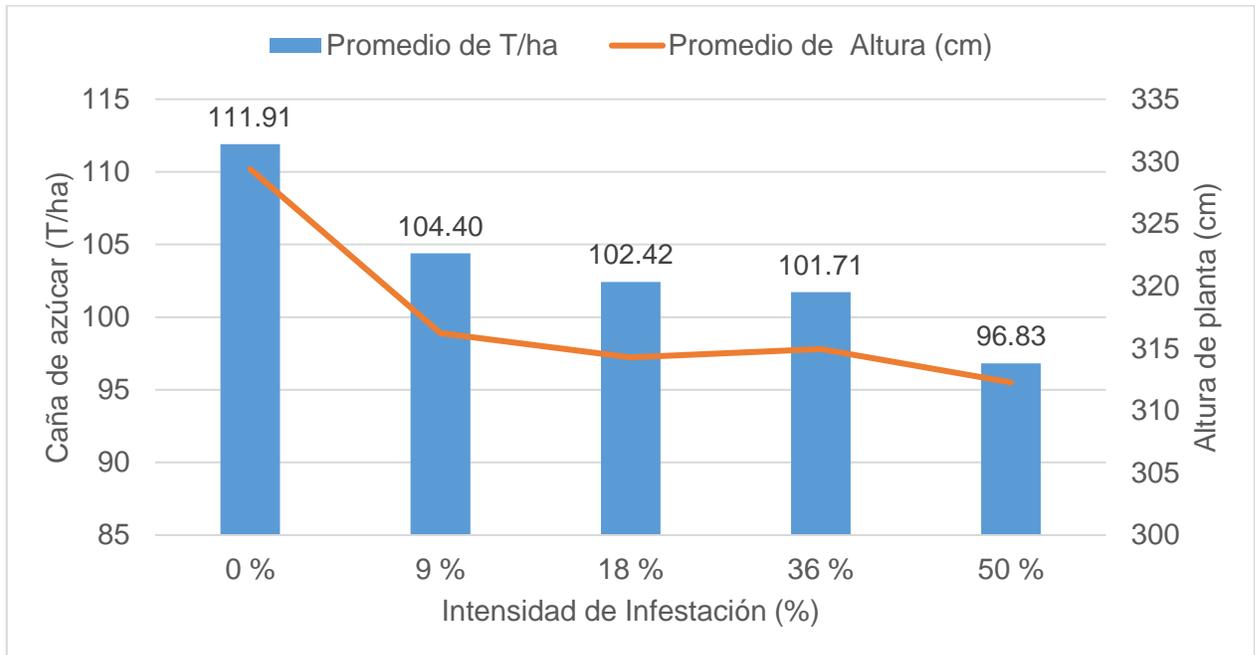


Figura 19. Rendimiento de TCH en relación a la altura de planta al momento de la cosecha

A medida que aumentaron los daños de intensidad de infestación de barrenador *D. cramboides* el crecimiento del cultivo fue menor, de igual forma se mostró una reducción en el rendimiento de toneladas de caña por hectárea, como se observa en la figura 18 la altura de los tallos y la producción muestran una posible relación inversa en cuanto al daño provocado por la plaga. Esto explica por qué algunos autores mencionan la merma de la producción en tonelaje por esta plaga, ya que los tallos al tener menor altura reducen los pesos y por ende el rendimiento por unidad de área, sumando el daño ocasionado por el muermo rojo.

En el cuadro 19, se presenta el análisis de varianza para la variable rendimiento de caña de azúcar en T/ha.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable rendimiento de caña en T/ha

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor de p
Tratamiento	602.28	4	150.57	9.94	0.0001
Error	302.86	20	15.14		
Total	905.14	24			

F.V.: fuente de variación G.L.: grados de libertad

S.C.: sumatoria de cuadrados

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

Coefficiente de variación: 3.76%

De acuerdo con el análisis de varianza, existe efecto significativo ($0.0001 < 0.05$) en el rendimiento de caña en T/ha debido al efecto de los niveles de intensidad de infestación de barrenador *D. Cramboides* (Tratamientos), por lo que se realizó una prueba de medias empleando el criterio de Scott & Knott para poder definir el nivel de daño de barrenador que presenta mayor rendimiento de caña de azúcar en T/ha.

En el cuadro 20, se presenta la prueba de medias por medio del test de Scott & Knott al 5 % sobre la variable rendimiento de caña de azúcar en T/ha.

Cuadro 20. Prueba de medias por medio del test de Scott & Knott al 5 % sobre la variable rendimiento de caña de azúcar en T/ha.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Grupo Scott & Knott
0 % i.i.	111.91	5	1.74	A
9 % i.i.	104.40	5	1.74	B
18 % i.i.	102.43	5	1.74	B
36 % i.i.	101.71	5	1.74	B
50 % i.i.	96.83	5	1.74	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Según el criterio de Scott & Knott con un nivel de significancia del 5 %, nos indica que el tratamiento sin daño de barrenador (0 %) es estadísticamente diferente con respecto a los otros 4 tratamientos donde hubo daño de *D. crambidoides* ya que presentó mayor rendimiento de caña en T/ha. Mientras que el resto de tratamientos son estadísticamente iguales en la producción.

2.6.3 Estimación del factor de pérdida de producción de caña

En la figura 20, se presenta la estimación del factor de pérdida de caña de azúcar en T/ha.

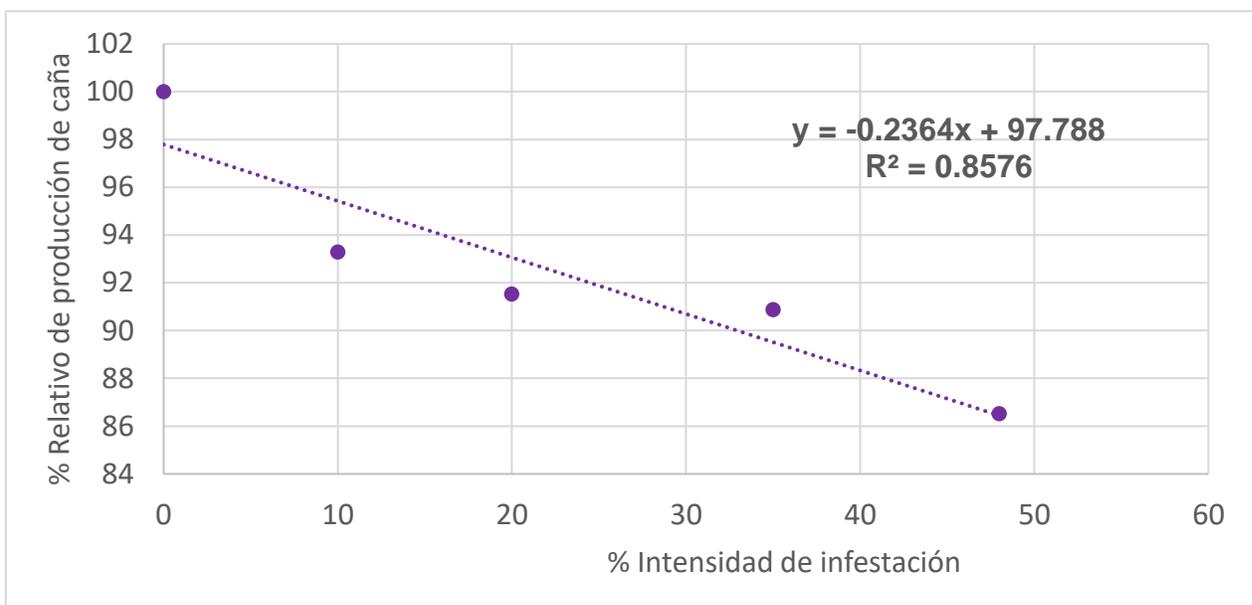


Figura 20. Producción de caña de azúcar en función a la intensidad de infestación de *D. crambidoides*

Según el modelo del análisis de regresión, en base al coeficiente angular; se estimó que el factor de pérdida debido al daño ocasionado por *Diatraea crambidoides* en la variedad de caña de azúcar CG-00102 en estado de plantía para las condiciones de la región 6 del ingenio Santa Ana fue de 0.236 % de la producción por cada unidad porcentual de intensidad de infestación. Con un 85.76 % el coeficiente de determinación nos indica la variabilidad en el tonelaje por hectárea que explica el modelo. El factor de pérdida determinado en este estudio es menor con respecto al 0.8 % de toneladas/hectárea en la producción para otras variedades y condiciones distintas a las de ingenio Santa Ana (Badilla

& Gomez, 1995). Y también con respecto a la pérdida del 0.70 % del tonelaje cosechado por cada unidad porcentual de intensidad de infestación que menciona (Gómez & Lastra, 1995), en estudios realizados en Colombia.

Con un 95 % de confianza, el intervalo o bien los límites que tomaría el coeficiente angular de la regresión en este caso el factor de pérdida es (L.I.=0.06 & L.S.=0.41).

El supuesto de normalidad se evaluó utilizando el test de Shapiro-wilk con el cual se determinó que los residuos de los datos de la variable porcentaje relativo de la producción de caña presentan una distribución normal con un valor de $p= 0.5869$ (Anexo cuadro 23 A).

2.7 CONCLUSIONES

A partir de los 92 días después de la primera infestación y a los 275 días de edad del cultivo, las plantas del tratamiento testigo, las cuales no fueron infestadas con larvas de barrenador del tallo *D. crambidoides* tuvieron mayor altura con respecto a las otras que fueron infestadas, observándose el mismo comportamiento hasta la cosecha.

A medida que aumentaron los daños de intensidad de infestación de barrenador *D. crambidoides* la altura de los tallos de caña fue menor, de igual forma se mostró una reducción en el rendimiento de caña en T/ha.

Factor de pérdida debido al daño ocasionado por *D. crambidoides* en la variedad de caña de azúcar CG-00102 es de 0.226% de la producción por cada unidad porcentual de intensidad de infestación.

2.8 RECOMENDACIONES

Para determinar factores de pérdida ocasionados por barrenador para otros estudios las inoculaciones deben comenzarse a partir de los tres meses de edad del cultivo para lograr mayores porcentajes de daño de intensidad de infestación y con ello tener más lecturas para el análisis de regresión empleado para estos estudios.

En necesario determinar factores de pérdida ocasionados por barrenador para las variables más sembradas por el ingenio tal es el caso de la variedad CP72-2086 para una mejor toma de decisiones para el manejo de esta plaga.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Arroyo, L. (2013). *Informe programa manejo integrado de plagas, zafra 2012-2013*. Escuintla, Guatemala: Grupo Corporativo Santa Ana.
2. Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA). (2012). *Informe anual del cultivo de caña de azúcar*. Escuintla, Guatemala: ASAZGUA.
3. Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA). (2013). *Exportaciones*. Recuperado el 26 de 10 de 2016, de Asociación de Azucareros de Guatemala: <http://www.azucar.com.gt/economia2.html>
4. Badilla, F. (1986). *Resultados obtenidos en el programa de combate biológico del taladrador de la caña de azúcar, Diatraea tabernella en la Hacienda Juan Viñas*. Costa Rica: Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Boletín Informativo no. 27.
5. Badilla, F., & Gomez, J. V. (1995). Pérdidas de azúcar a nivel de fábrica causadas por el barrenador de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis* en el ingenio Tierra Buena, Guatemala. En *V Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América* (pág. 12). Guatemala: ATAGUA.
6. Bustillo, A. (2011). *Parasitoides, predadores y entomopatógenos que afectan las plagas de la caña de azúcar en Colombia (en línea)*. Bogota, Colombia. Recuperado el 14 de 08 de 2016, de CENICAÑA: http://www.cenicana.org/pdf/no_clasificacion/6481.pdf
7. Carrillo, E., & Juárez, L. (1996). Estimación de pérdidas de azúcar causadas por el barrenador del tallo en caña de azúcar. En *I Simposio nacional de plagas de la caña de azúcar* (págs. 113-122). Guatemala: CAÑAMIP.
8. Gómez, L., & Lastra, L. (1995). Los barrenadores de la caña de azúcar: su manejo y control. Colombia: CENICAÑA, *Serie Divulgativa no. 6*, 4.
9. Márquez, J. (2012). *Manejo integrado de plagas*. Guatemala: CENGICAÑA.
10. Márquez, J. M., Peck, D., Barrios, C. O., & Hidalgo, H. (2002). *Identificación de especies de chinche salivosa (Homóptera: Cercopidae) asociadas al cultivo de caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: CENGICAÑA.
11. Márquez, M., Hidalgo, H., Barrios, C., Sánchez, M., Solares, E., & López, A. (2002). *Estimación de pérdidas causadas por el barrenador del tallo*. Guatemala: CENGICAÑA.

12. Myers, P., Espinosa, C., Parr, T., Jones, G., Hammond, G., & Dewey, A. (2014). *Clasificación taxonómica de Diatraea crambidoides*. Recuperado el 14 de 08 de 2016, de California, US, Animal Diversity Web: http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Diatraea_crambidoides/classification/
13. Pec Hernández, M. (2015). *Preferencia de parasitismo de Cotesia flavipes Cameron (Hymenoptera: Braconidae), sobre diferentes instares de Diatraea crambidoides Grote (Lepidoptera: Crambidae)*, Ingenio Santa Ana. Escuintla Guatemala: Grupo Corporativo Santa Ana.
14. Pec, M. (2015). *Patogenicidad del hongo entomopatogeno Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) en larvas del barrenador del tallo (Diatraea crambidoides) Grote (Lepidoptera: Crambidae), en laboratorio*. Recuperado el 16 de 08 de 2015, de Congreso de ATAGUA: <http://www.atagua.org/web2/wp-content/uploads/2015/09/B11-Patogenicidad-del-hongo-entomopat%C3%B3geno.-M.-Pec.pdf>
15. Pec, M. (2016). *Informe programa manejo integrado de barrenadores, zafra 2015-2016. Escuintla, Guatemala, Grupo Corporativo Santa Ana. 22 p.*
16. Pedigo, L. P. (1996). Economy injury levels in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.*, 31, 341-368.
17. Salazar, J., Sáenz, C., Oviedo, R., Alfaro, & D. (1999). *Control biológico del barrenador común del tallo. Diatraea spp. (Lep: Crambidae) en Costa Rica*. Congreso ATACORI (13, Guanacaste, Costa Rica), San José, Costa Rica, ATACORI. p. 66-67.
18. Salazar, J. D., Quiros, O., Salazar, J. D., Morera, E., Oviedo, R., & Barrantes, J. C. (2001). *Estimación del factor de pérdida por daños del barrenador del tallo (Diatraea spp.) en cinco regiones de Costa Rica*. Costa Rica: Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar, LAICA.
19. Subirós, F. (1995). *El cultivo de caña de azúcar*. San José, Costa Rica: EUNED.

2.10 ANEXOS



Figura 21. Fotografía de unidades experimentales con 12 tallos molederos cubiertas con tela antiafidos.



Figura 22. Fotografía de proceso de inoculación de los tallos con larvas de *D. crambidoides* de 15 días de edad.



Figura 23. Fotografía de agujeros realizados por la larva para ingresar al tallo



Figura 24. Fotografía de proceso de toma de peso de tallos al momento de la cosecha

Cuadro 21. Test de Shapiro-wilk (modificado) para los residuos de la variable altura de planta al momento de la cosecha.

Variable	n	D.E	W*	Valor de p
RDUO				
Altura cm	25	4.14	0.92	0.1816

Cuadro 22. Prueba de Levene para los residuos absolutos de la variable altura de planta al momento de la cosecha.

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor de p
Tratamiento	11.72	4	2.93	0.64	0.6371
Error	90.91	20	4.55		
Total	102.63	24			

Cuadro 23. Test de Shapiro-wilk (modificado) los residuos de los datos de la variable producción de toneladas/ha.

Variable	n	Media	D.E	W*	Valor de p
RDUO					
Altura cm	5	0.00	1.85	0.92	0.5869

CAPÍTULO III
PROYECTOS REALIZADOS EN DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA, INGENIO
SANTA ANA

3.1 INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS.

Ingenio Santa Ana es una empresa dedicada a la producción de azúcar, está ubicada en Finca Cerritos, kilómetro 64.5 de la carretera que se dirige a Santa Lucía Cotzumalguapa.

El Ejercicio Profesional Supervisado se realizó en el departamento técnico agrícola, a partir del diagnóstico realizado se identificaron problemas que luego se proyectaron en investigaciones que se realizaron a lo largo del EPS como las que se presentan a continuación; determinar el factor de pérdida de la chinche salivosa en la variedad CG-9846, determinar la preferencia y dispersión del parasitismo de *Cotesia flavipes* en los barrenadores *D. cramboides* y *D. saccharalis*; evaluación del parasitismo del *Aprostocetus esurus* en pupas del barrenador del tallo y determinar la residualidad de insecticidas en el control de la chinche salivosa y la bioregulación que tienen los huevos de *D. cramboides* en los campos de caña de azúcar.

Los 5 proyectos se realizaron y los informes se incluyen en los anexos 1, 2, 3, 4 y 5; con lo cual se cumple lo programado.

Anexo 1. Estimación de pérdidas ocasionadas por chinche salivosa *Aeneolamia spp.* (Hemíptera: Cercopidae) en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CG98-46 Finca Provincias, Ingenio Santa Ana.

1.1. Resumen

Se estimó el factor de pérdida de la chinche salivosa *Aeneolamia postica* (Walk.) en la variedad CG98-46. Se emplearon diferentes dosis de insecticida, para provocar distintas densidades poblacionales de la plaga (Rosset, 1986), el control fue realizado a los 8 meses de edad del cultivo, considerando el inicio de las poblaciones de insectos y el inicio de la etapa de maduración del cultivo. Se realizó análisis de regresión entre las siguientes variables: número de adultos/tallo vs. daño foliar, número de adultos/tallo vs. lb de azúcar/T y daño foliar vs. lb de azúcar/T. Los adultos de chinche salivosa causaron niveles de daño directamente proporcional con la densidad de insectos presentes ($R^2 = 0.808^*$) además se determinó la reducción del rendimiento de azúcar (lb/T) por el daño de la chinche salivosa *A. postica*, por cada 1 % de daño foliar se estimó una pérdida de 0.8785 lb de azúcar/T ($R^2=0.74$), el modelo de regresión estimó que la presencia en el muestreo de un adulto/tallo representa una reducción en el rendimiento de 19.99 lb de azúcar/T en la variedad CG98-46, las perdidas en esta variedad son mayores a las reportadas por Salguero *et al* que indica en la variedad CP72-2086 una pérdida de 7.08 lb/T.

1.2. Introducción.

Entre las plagas de mayor importancia económica en el cultivo de la caña de azúcar, se menciona la chinche salivosa (*Aeneolamia spp.*), los barrenadores del tallo (*Diatraea spp.*) y rata (*Sigmodon hispidus*) (Badilla, *et al*, 1991, Badilla, F. 2002, Badilla y Gómez, 2003). Para el Ingenio Santa Ana la chinche salivosa representa una de las plagas más importantes debido a que para la zafra 2015-2016 se reportaron 650 ha con daño foliar arriba del 20 %. Además el Comité de Manejo Integrado de Plagas CAÑAMIP reporta que la chinche salivosa (*A. postica*) para las zafras 2014-2015 y 2015-2016 causó una pérdida de 7,049 y 4,804 T de azúcar respectivamente. Este insecto al alimentarse en su fase de adulto de la lámina

foliar de la caña provoca una fitotoxemia, a causa de la inoculación de enzimas amilolíticas y oxidantes, este estado patológico se manifiesta después de pocos días con la aparición de manchas lineares cloróticas, las cuales paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas, disminuyendo la capacidad fotosintética, afectando el rendimiento y el proceso formativo de la sacarosa en el tallo, causando pérdidas cuantiosas (Badilla et al 1991 & Badilla et al 2004)

Para el control de esta plaga, se han utilizado diferentes métodos tales como: prácticas culturales, control etológico, control biológico y químico (De Bach, 1968, Guagliumi, 1968, Roberts y Yendol 1971, Alves, 1986, Ferron, 1978, Allard et al, 1990, Badilla et al, 1990, Badilla et al, 1996, Salazar y Badilla 1997, Badilla, 2000, Badilla y Arias, 2000, Badilla 2002). El hongo *Metarhizium anisopliae* se ha utilizado con éxito para el control de la fase de adulto de esta plaga en países como Costa Rica, Nicaragua, Venezuela, Panamá y Guatemala (Badilla et al 1991). Para poder hacer uso de estas herramientas de control se debe tener un criterio de Nivel de Daño Económico (NDE) en donde Stern *et al.* define que es la densidad de población que causaría daño económico. El Nivel de Daño Económico considera las siguientes variables: el costo de la táctica de manejo por unidad de producción (CC), el valor de mercado por unidad de producción (VTC, VKA), el perjuicio o pérdida por unidad de daño o insecto (FP), y la eficiencia de la táctica de manejo (Efi).

Se observó anteriormente que en NDE intervienen factores biológicos y económicos. Los factores económicos son: el costo de control (material, maquinaria y mano de obra etc.), el precio de la T de caña o kg de azúcar (Rosset, 1986), estos valores se obtienen de estudios de mercado y de los presupuestos del manejo del cultivo. Los factores biológicos son: la efectividad del método de control (reducción efectuada en la densidad de la plaga), y el factor de pérdida que es una función rendimiento/densidad de la plaga. El factor de pérdida se puede obtener a través de diferentes tipos de experimentos, el propósito de un experimento diseñado para estimar la función rendimiento/densidad, tiene que ser el de producir (o simular) una gama de densidades diferentes de la plaga, en una etapa fenológica de la planta. Los tipos apropiados de experimentos se mencionan a continuación. Prueba de productos o dosis, periodos críticos, infestación artificial, daño artificial y prueba de umbrales de acción.

Un factor importante en el daño de la chinche salivosa es la susceptibilidad varietal, en el Ingenio Santa Ana para la zafra 2014-2015 el 60% de las 650 ha dañadas fueron de la variedad CG-9810, se presume que esta variedad al tener muchas raíces adventicias propicia un ambiente favorable a las ninfas que posteriormente se convertirán en adultos. Determinar qué tan susceptible es una variedad para las plagas chinche salivosa y barrenador del tallo es muy importante para el manejo sostenible de las plagas. El objetivo de este trabajo fue determinar el potencial de pérdida que causa la chinche salivosa en la variedad CG- 9846.

1.3. Metodología

La investigación se realizó en finca Provincias ubicada en el km 84.5 de la carretera que conduce a Santa Lucía Cotzumalguapa, en el Municipio de Escuintla, Escuintla, se utilizó el pante 410 (11.52 ha) con las variedades CG98-46 de 8.2 meses, esta edad se seleccionó porque es la etapa fenológica de maduración de la caña y la chinche salivosa causa una baja en la concentración de azúcar, La unidad experimental fue de 2400 m², los tratamientos utilizados fueron dosis crecientes de insecticida Neonicotinóide (50, 100 y 150 g i a / ha). El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar (La gradiente de variabilidad es la infestación ninfas/tallo inicial), con 4 tratamientos y 12 repeticiones, para un total de 48 unidades experimentales, cada unidad experimental fue de 2400 m² utilizándose un total de 115200 m² para todo el ensayo.

Se establecieron parcelas de muestreo un punto por unidad experimental en las cuales se tomaron las siguientes variables número de ninfas/tallo, número de adultos/tallo, porcentaje de daño foliar, muestras para estimar el rendimiento de azúcar y peso de biomasa. Se realizaron 8 muestreos con intervalos de 7 días para determinar los días control de las diferentes dosis de insecticida además de las fluctuaciones de las poblaciones de ninfas y adulto. La aplicación de madurante se realizó a los 312 días (10.2 meses). El daño foliar se consideró en las primeras 3 hojas con lígula visible según recomienda Badilla *et al.* para el análisis de la información se empleó el software estadístico InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

1.4. Resultados y discusión

El efecto de la baja de población en la ninfa se debe al control de adultos que no lograron colocar huevos para la siguiente generación, caso contrario sucedió en el testigo, que al no suprimir al adulto hubo más generaciones y en consecuencia daño foliar fue incrementándose (figura 1). La aplicación se realizó un día después del muestro inicial.

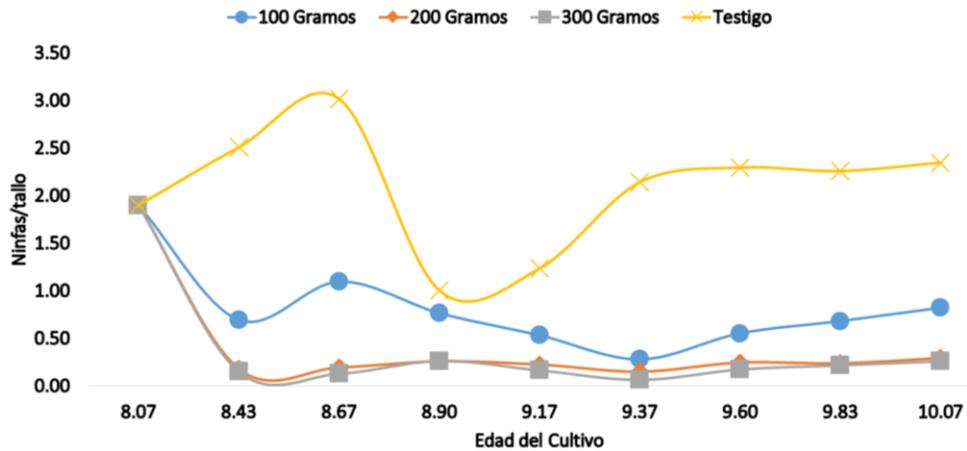


Figura 1. Dinámica poblacional de ninfas/tallo en las diferentes dosis de insecticidas clothianidin para el control de chinche salivosa *Aeneolamia sp*

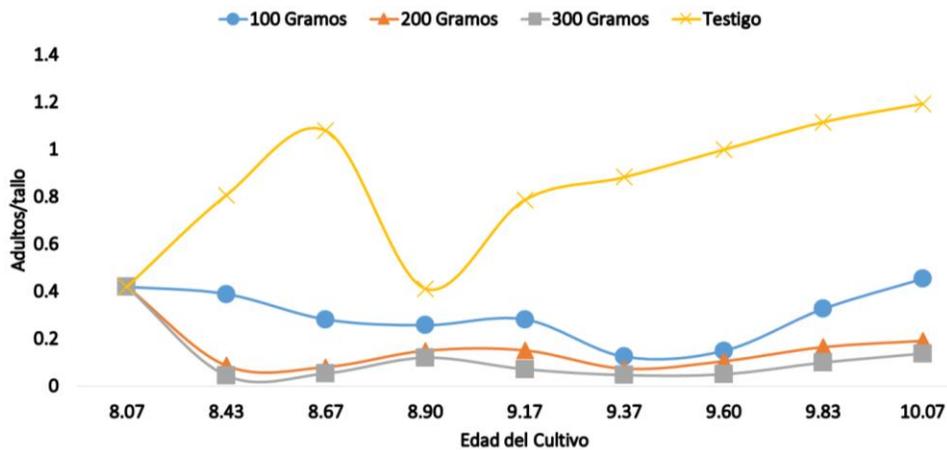


Figura 2. Dinámica poblacional de adultos/tallo en las diferentes dosis de insecticidas clothianidin para el control de chinche salivosa *Aeneolamia sp*

En la figura 2 se observa que las dosis de 200 y 300 g de insecticida Neonicotinoides logran el mismo efecto de control de poblaciones de adultos, además de ello se logra inferir que las bajas poblaciones de insectos que se observa en el mes 10.07 no se debe a la presencia de la molécula en esa edad sino que al suprimir las primeras poblaciones de insectos estos no logran reproducirse por lo tanto hay una baja de individuos en las siguientes poblaciones de adultos de chinche salivosa.

El número de adultos de chinche/tallo es directamente proporcional con el porcentaje de daño foliar en la planta, el modelo de regresión con mayor ajuste según el criterio del AIC fue el modelo lineal, este modelo explica el 80.87 % de la variabilidad de las lecturas de daño foliar ($R^2 = 0.8087$). Estos valores estadísticos permiten relacionar el daño y las poblaciones de adultos con otras variables de rendimiento, en forma confiable.

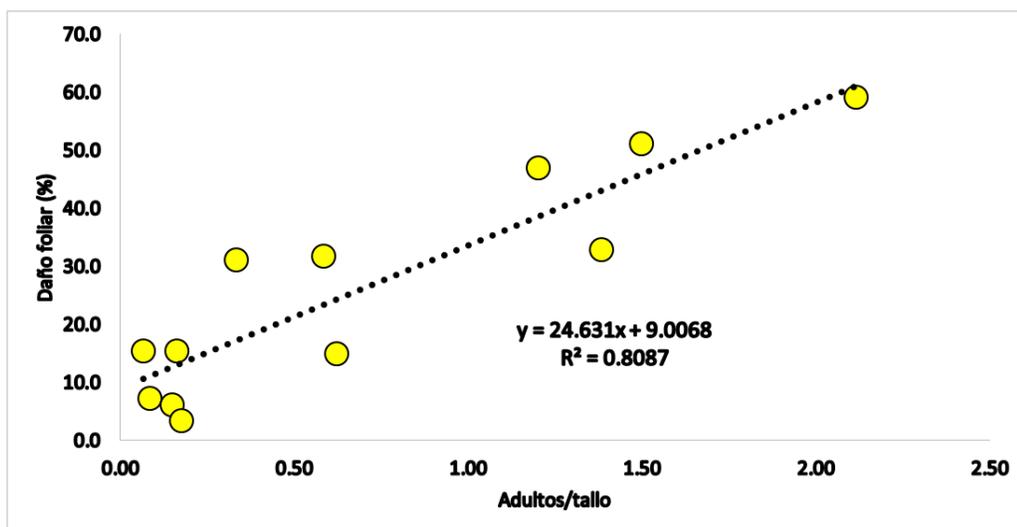


Figura 3. Análisis de regresión para las variables densidad de plaga (Adultos por tallo) y el daño provocado en el cultivo de caña de azúcar.

La producción de azúcar (lb/T) es afectada por el daño de la chinche salivosa, por cada 1% de daño foliar se estima una pérdida de 0.8785 lb de azúcar/T ($R^2 = 0.74$) siendo superior a la pérdida de 0.445 lb de azúcar/T reportado por Salguero, 1998 en la variedad CP72 2086

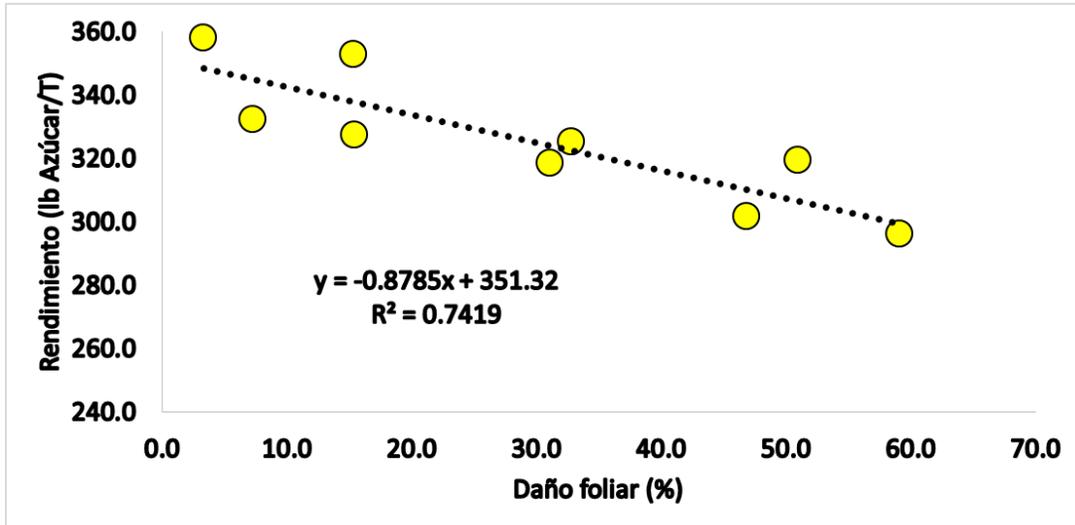


Figura 4. Efecto del daño de la chinche salivosa sobre el rendimiento

El modelo de poblaciones estima que la presencia en el muestreo de un adulto/tallo durante dos meses repercute en una reducción del rendimiento en 19.997 lb de azúcar/T, en consecuencia, para la variedad CG98-46 el control es fundamental, los resultados son mayores a las reportadas por Salguero *et al* que indica en la variedad CP72-2086 una pérdida de 7.08 libras por tonelada

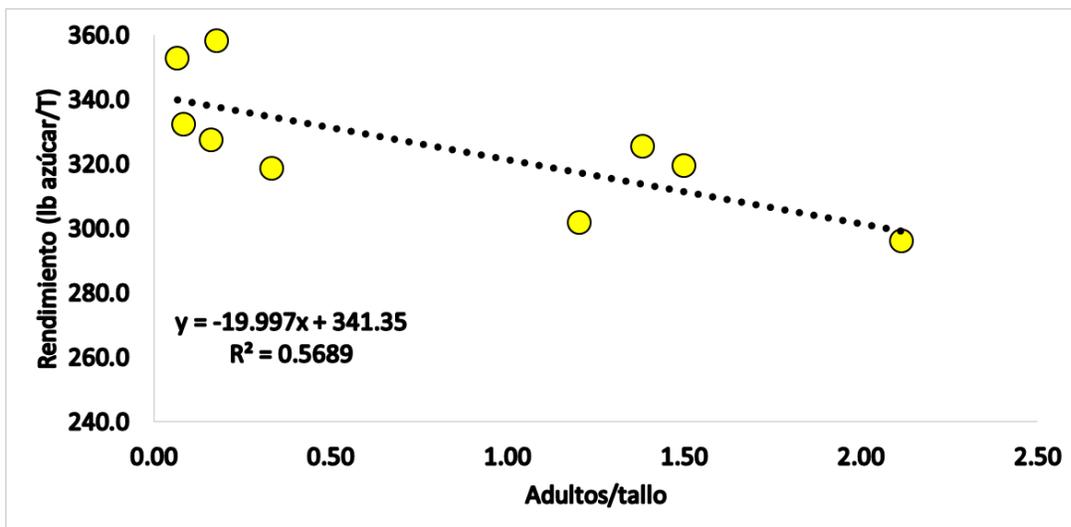


Figura 5. Análisis de regresión para el efecto en el rendimiento en caña de azúcar de las poblaciones de chinche salivosa

Debido a que los ataques de la chinche salivosa fueron del mes 8 al 10 de edad del cultivo y ya en fase de maduración, la tasa de crecimiento no fue afectada, por lo tanto, no hubo baja en la producción (tonelada de caña) tal como indican estudios previos (Badilla *et al*, Salguero *et al*, Marquez *at al*)

1.5. Conclusiones

1. La variedad CG98-46 es susceptible a los ataques de la chinche salivosa y tiene un potencial de pérdida de 19.997 lb de azúcar/T de caña por la presencia de un adulto/tallo durante 2 meses.
2. Se estima que cada uno por ciento de daño foliar ocasiona una pérdida de 0.8785 lb de azúcar/T de caña.

1.6. Recomendaciones

Se recomienda establecer más ensayos de pérdida para las diferentes variedades utilizadas en la agroindustria azucarera y variedades promisorias para determinar el grado de susceptibilidad a las plagas más importantes de la caña de azúcar.

1.7. Bibliografía

1. Asensio, R; Salguero, V. 2001. Nivel de daño económico para adultos de la chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.) en caña de azúcar 3 y 6 meses de edad. *In* Congreso nacional de la caña de azúcar (10., 2001, Guatemala); Simposio nacional de plagas (2., 2001, Guatemala). Memoria. Guatemala, ATAGUA. p. 40-47.
2. Badilla, F. 2002. Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica (en línea). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología no. 64:77-87. Consultado 15 jun. 2015. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2050E/A2050E.PDF>
3. Badilla, F; Alves, SB. 1991. Controle do gorgulho da cana-de-acúcar *Sphenophorus levis* Vaurie 1978 (Col.: Curculionidae) con *Beauveria* spp. en condicoes de laboratorio e campo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, Porto Alegre 20(2):251-263.

4. Badilla, F; Gómez, JV. 2003. Pérdidas de azúcar causadas por *Diatraea* spp. en Nueva Concepción, Guatemala. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) no. 67:18-23.
5. Badilla, F; Martínez, A; Vargas, J. 1997. Metodología para cuantificación de pérdidas causadas por "salivita" *Aeneolamia varia* (Homóptera: Cercopidae) en el cultivo de caña de azúcar *Sacharum* spp. Ingenio Monte Rosa, Nicaragua; Resumen. In Congreso Costarricense de Entomología (4., 1997, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica, ASENCO / INBIO. p. 81.
6. Badilla, F; Solís, AI; Alfaro, D. 1991. Control biológico del barrenador de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no. 20- 21:39-44.
7. CAÑAMIP (Comité de Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2015. Informe zafra 2014-2015. Boletín CAÑAMIP no. 30, 16 p.
8. Estrada, M; Romero, M. 1997. Aplicación de *Beauveria bassiana* en la lucha biológica contra *Diatraea saccharalis* (en línea). Habana, Cuba, Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Consultado 10 jun. 2015. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/cana1501/texto/aplicacion.htm
9. Márquez, JM; Ortiz, A; Motta, VH; Lemus, JM; Torres, ED; Aguirre, P. 2009. Evaluación de la eficiencia de planes de manejo integrado de chinche salivosa: Efecto de nuevos productos en el control de la población de ninfas y adultos de chinche salivosa (*Aeneolamia postica*), finca La Libertad, Ingenio Palo Gordo y finca Carrizal, Ingenio La Unión. In Memoria de presentación de resultados de investigación zafra 2,008-2,009. Guatemala, CENGICAÑA. p. 116-126.
10. Pedigo, LP; Hutchins, SH; Higley, LG. 1986. Economy injury levels in theory and practice. Entomology 31:341-368. Disponible en <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.31.010186.002013>
11. Salguero, V; Hidalgo, H; Ortega, J. 1999. Nivel de daño económico para adultos de chinche salivosa *Aeneolamia* spp. en caña de azúcar madura. In Memoria presentación de resultados zafra 1998-1999. Guatemala, Cengicaña. p. 68-77.

1.8. Anexos

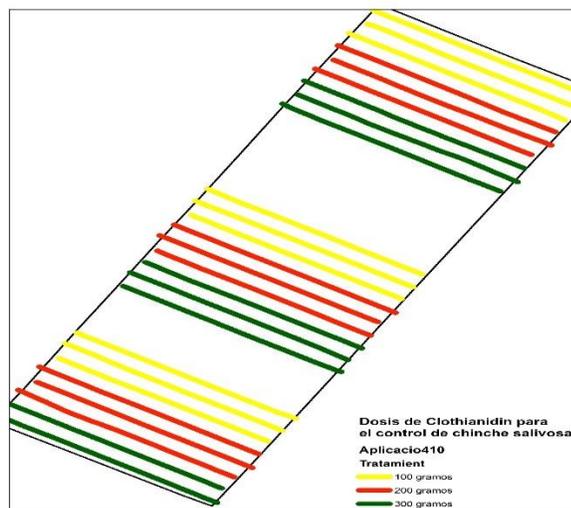


Figura 6. Distribución de los tratamientos

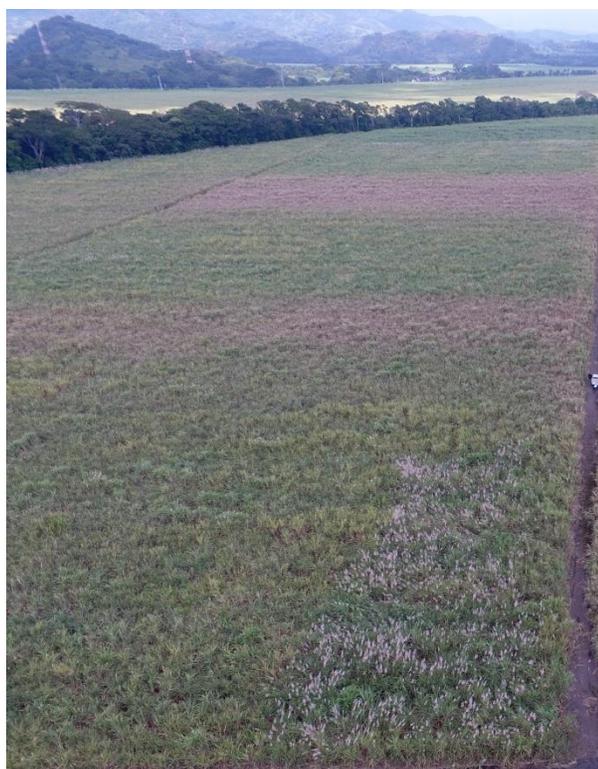


Figura 7. Daño provocado por la chinche salivosa en los tratamientos testigos



Figura 8. Colecta de las muestras de caña con diferentes niveles de daño foliar



Figura 9. Muestras identificadas entregadas en el laboratorio de caña Ingenio Santa Ana.

Anexo 2 Distribución espacial y preferencia del parasitismo de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae), en *Diatraea crambidoides* Grote y *Diatraea saccharalis* Fabricius) (Lepidóptera: Crambidae) en caña de azúcar.

1.1. Resumen

Como parte del seguimiento del control de calidad de los productos de los laboratorios se realizó la siguiente prueba para determinar la capacidad de búsqueda del parasitoide *C. flavipes* al barrenador del tallo, además de ello también se realizó una prueba de preferencia del mismo parasitoide en las especies de *Diatraea crambidoides* y *Diatraea saccharalis*. Se colocaron larvas de segundo instar (10 días de edad) en culmos (tallo herbáceo articulado, propio de las gramíneas) de caña de azúcar variedad CG-00 102 después de dos días y asegurando que todos los culmos tuvieran por lo menos una larva se colocaron en campo en una cuadrilla de 10 m por 10m haciendo un total de 100 puntos y se liberaron los parasitoides en 3 ocasiones cada 5 días, a una dosis de 8000 avispas por hectárea. Se obtuvo un parasitismo de 38.18 % en *D. crambidoides* y 37.50% en *D. saccharalis* no hubo diferencia estadística entre ellas además de ello se cuantificó la cantidad de parasitoides obtenidos de cada larva y se tuvo una media de 49.5 avispas por larva para *D. crambidoides* y 45.5 para *D. saccharalis*.

1.2. Introducción.

Con base a los registros de (CAÑAMIP, 2018), el área arriba del umbral del 2% en Ingenio Santa Ana es de 4,679 hectáreas para la zafra 2016-2017 y en la agroindustria 52,592 hectáreas.

Para el control del barrenador del tallo Ingenio Santa Ana realiza actividades como liberación de parasitoides, entesaque de corazón muerto, aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki (Pec Hernández, 2015) con lo que el control de calidad debe ser una de las prioridades para asegurar la calidad del insecto en campo (Badilla & Gomez, 1995).

1.3. Metodología

1.3.1. Establecimiento de las estacas en campo y liberación de parasitoides (*C. flavipes*).

- ✓ Se colocaron 200 estacas (100 de cada especie de larva) a un distanciamiento de 10 metros entre sí, adheridas a los culmos de caña en un pante (parcela) en producción.
- ✓ Estas estacas se referenciaron y etiquetaron con el fin de determinar la capacidad de dispersión del parasitoide.
- ✓ Se marcaron y colocaron los 4 puntos de liberación distribuidos en la parcela, en estos se colocaron los vasos que contenían los parasitoides producidos en el laboratorio. En estos puntos se colocaron estructuras plasticas en forma de platos para evitar que el agua de lluvia caiga directamente sobre los vasos con parasitoides.
- ✓ Un día después de la colocación de las estacas y los puntos de liberación, se liberaron los parasitoides a una densidad de 2,000 avispas/punto de liberación.
- ✓ Se realizaron las liberaciones durante 15 días, haciendo un total de 3 liberaciones.

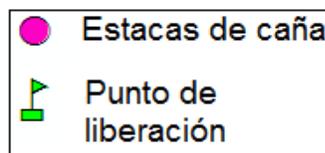
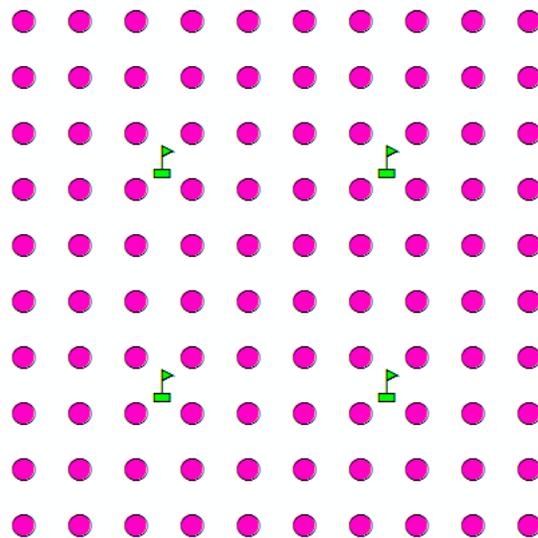


Figura 1. Croquis de campo para el establecimiento de las parcelas

1.3.2. Toma de muestras y de Resultados:

- ✓ 2 días después de haber realizado la última liberación de los parasitoides se recolectaron las estacas con larvas de *Diatraea* y se llevaron al laboratorio, donde se extrajeron las larvas parasitadas o pupas en caso no haya sido parasitadas.
- ✓ Ya teniendo las larvas se colocaron en cajas de Petri y se observaron a nivel de laboratorio, durante 5 días.
- ✓ Pasado este periodo de tiempo se disectaron las larvas y fueron contabilizados el número de parasitadas y el número de avispas por larva.

1.4. Resultados y discusión

El porcentaje de parasitismo obtenido por el parasitoide *C. flavipes* fue de 38.18 en *D. crambidoides* y 37.5 % en *D. saccharalis* como se muestra en la figura 35

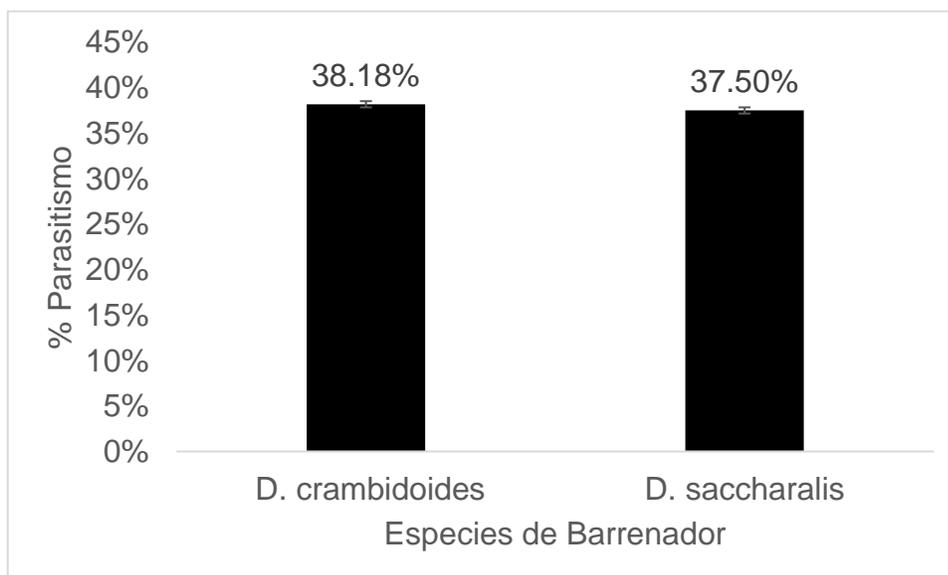


Figura 2. Porcentaje de parasitismo de *C. flavipes* sobre larvas de *D. crambidoides* y *D. saccharalis*

Las larvas utilizadas en el presente ensayo fueron larvas de laboratorio además de ello se confirma los parámetros de calidad del parasitoide *C. flavipes* ya que tiene capacidad de búsqueda en las especies de barrenador *D. crambidoides* y *D. saccharalis*.

Cuadro 1. Prueba de T para la variable número de avispas por larva de los barrenadores *D. crambidoides* y *D. saccharalis*.

	<i>Avispas D. crambidoides</i>	<i>Avispas D. saccharalis</i>
Media	49.5	45.5
Varianza	124.72222	496.9444444
Grados de libertad	64	
Estadístico t	0.424582625	
P(T<=t) dos colas	0.681110508	
Valor crítico de t (dos colas)	2.262157163	

La cantidad de parasitoides obtenidos en las dos especies son las mismas en condiciones de esta investigación, los numero de avispas por larva son diferentes a los reportados por el laboratorio de producción ya que tienen una media de 84 avispas por larva; se presume a que la diferencia se debe al cambio de alimentación y al posible estrés que sufrieron las larvas al ser cambiadas de la dieta artificial a los culmos de caña a los 10 días de edad. Además, se tomó esta decisión de realizar la liberación a partir del 3 instar debido a que es el instar a partir del cual se logra progenie sin embargo el mejor instar es el 4 y 5 instar (Badilla F. , 1986) (Pec Hernández, 2015)

1.5. Conclusiones y recomendaciones

El parasitoide *C flavipes* cumple con los parámetros de calidad en la búsqueda del barrenador *D. saccharalis* y *D. crambidoides* ya que logró un porcentaje de parasitismo de 38.18 en *D. crambidoides* y 37.5 % en *D. saccharalis*. Al cuantificar la cantidad de parasitoides obtenidos de cada larva y se tuvo una media de 49.5 avispas por larva para *D. crambidoides* y 45.5 para *D. saccharalis*. Se recomienda seguir realizando estas pruebas para verificar que el parasitoide mantenga sus cualidades de capacidad de búsqueda. Además de realizarlo con larvas de campo para determinar si hay alguna diferencia.

1.6. Bibliografía

1. Badilla, F. (1986). *Resultados obtenidos en el programa de combate biológico del taladrador de la caña de azúcar, Diatraea tabernella en la Hacienda Juan Viñas*. Costa Rica: Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Boletín Informativo no. 27.
2. Badilla, F., & Gomez, J. V. (1995). Pérdidas de azúcar a nivel de fábrica causadas por el barrenador de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis* en el ingenio Tierra Buena, Guatemala. *V Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América* (pág. 12). Guatemala: ATAGUA.
3. CAÑAMIP. (2018). Informe anual 2016-2017 (Programa de Manejo Integrado de Plagas). Escuintla, Guatemala.
4. Carrillo, E., & Juárez, L. (1996). Estimación de pérdidas de azúcar causadas por el barrenador del tallo en caña de azúcar. *I Simposio nacional de plagas de la caña de azúcar* (págs. 113-122). Guatemala: CAÑAMIP.
5. Gómez Pereira, P. M. (2006). Evaluación del parasitismo, encapsulamiento, preferencia y dosificación de los parasitoides *Cotesia flavipes*, *Paratheresia claripalpis* y *Metagonistylum minense*, sobre larvas de barrenadores *Diatraea saccharalis*, *D. crambidoides* y *Phassus phallerus*. Siquinala, Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 35 p.
6. Pec Hernández, M. M. (2015). *Preferencia de parasitismo de Cotesia flavipes Cameron (Hymenoptera: Braconidae), sobre diferentes instares de Diatraea crambidoides Grote (Lepidoptera: Crambidae)*. Diagnóstico y servicios realizados en Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C. A. Tesis Ing. Agr. USAC, Facultad de Agronomía: Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2331/>
7. Pec, M. (2016). *Informe programa manejo integrado de barrenadores, zafra 2015-2016. Escuintla, Guatemala*. Guatemala: Grupo Corporativo Santa Ana. 22 p.

Anexo 3 Parasitismo de *Aprostocetus esurus* Riley (Hymenoptera: Eulophidae), en pupas del barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*) Grote (Lepidóptera: Crambidae).

1.1. Resumen

El parasitoide (*Aprostocetus*) *esurus* Riley es un parasitoide promisorio en el control de pupas del barrenador del tallo *Diatraea crambidoides*, se utilizó culmos de caña de azúcar y se colocaron larvas de 3 instar para que se desarrollaran dentro de los culmos y después según el ciclo de la plaga se estimó el tiempo en que la mayoría de los insectos estuviera en el estadio de pupa, El presente trabajo se realizó bajo condiciones semicontroladas, se simuló poblaciones del parasitoides y número de liberaciones del parasitoide y la variable respuesta fue el porcentaje de parasitismo obtenido en la cual se demuestra que el número de liberaciones es muy importante debido a que se obtuvo el 89.9% de parasitismo al realizar 5 liberaciones durante 15 días y al realizar una única liberación se obtuvo un 5% de parasitismo según el análisis Modelo Lineal Generalizado (GLM) con distribución poisson realizado ($p < 0.05$), por lo que se recomienda en las pruebas de campo realizar 5 liberaciones del parasitoide.

1.2. Introducción.

El barrenador (*Diatraea*) causa daño en su estado de larva al ingresar al tallo y alimentarse dentro de este, construyendo galerías que provoca una disminución del peso de los tallos y en algunos casos genera la muerte de los mismos, afectando directamente la producción. De esta manera es necesario establecer medidas de control en las poblaciones y con ello reducir el daño. Ante la reducción de agroquímicos debido a la conciencia ambiental y como parte del manejo integrado de plagas otros métodos de control han tomado auge, tal es el caso del control biológico en este caso en el Ingenio Santa Ana ha utilizado la especie de parasitoide *Aprostocetus esurus* el cual parasita crisálidas de *D. crambidoides*.

El parasitoide *A. esurus* se ha reportado parasitando insectos de las siguientes ordenes Coleóptera, Lepidóptera, Blattodea (Brown, 2017; Ochoa, 2013; Volney, 1995)

El objetivo del presente trabajo es determinar el porcentaje de parasitismo de *Aprostocetus esurus*, en crisálidas de *Diatraea crambidoides*.

1.3. Metodología

- ✓ Los culmos de caña de azúcar se obtuvieron de una plantación establecida de 6 meses, se seleccionaron de una longitud de 90 centímetros a partir del cogollo hacia la base con hojas y con su respectiva lígula donde se colocaron las larvas del insecto a parasitar (*Diatraea crambidoides*).
- ✓ En sustrato previamente preparado a base de peat moss se colocaron las estacas con el fin de evitar la deshidratación y el marchitamiento.
- ✓ Se colocaron 3 larvas de 15 días de edad (Instar 3) de *Diatraea* por cada culmo, con el fin de asegurar por lo menos una pupa por estaca.
- ✓ Se dio manejo a las estacas, aplicando riego con el fin de llevarlas con turgencia al campo donde se distribuyeron.
- ✓ Los culmos que formaron parte del testigo fueron utilizados para verificar que los insectos estuvieran en el estadio de pupa, para iniciar con la liberación de los parasitoides.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para determinar el parasitismo de *A. esurus* para el control de *D. crambidoides*.

Tratamiento	Descripción	Insectos/hectárea
T1	Testigo (sin liberación)	0 avispa/ha
T2	1 liberación	15,000 avispa/ha
T3	5 liberaciones	3,000 avispa/ha

1.4. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados del parasitismo de *A. esurus* en el barrenador del tallo *D. crambidoides*.

Cuadro 2. Porcentaje de parasitismo del parasitoide *A. esurus* en pupas del barrenador del tallo *D. crambidoides*.

Tratamiento	Descripción	Insectos/hectárea	% Parasitismo
T2	1 liberación	15,000 avispa/ha	0 B
T3	5 liberaciones	5,000 avispa/ha	89.47 A

El parasitoide *A. esurus* fue reportado por primera vez parasitando pupas de *Diatraea saccharalis* en caña de azúcar en 1930 (Roney, 1930) El insecto evaluado provino de la cría mantenida por muchos años en Ingenio la Unión. Como se muestra en el cuadro 3 el porcentaje de parasitismo es mayor cuando se realizan liberaciones más seguidas que cuando se libera una única vez considerando que el estadio de pupa en la especie *D. crambidoides* dura 12-14 días (Badilla, 2002) según las condiciones climáticas se recomienda realizar el mayor número de liberaciones económicamente rentable para el Ingenio.

1.5. Conclusiones y recomendaciones.

Se concluye el uso potencial de *Aprostocetus esurus* como biocontrolador de crisálidas de barrenador del tallo y se recomienda ensayos de campo para evaluar la capacidad de búsqueda del parasitoide además de su radio de dispersión para determinar los puntos de liberación del insecto por hectárea.

1.6. Bibliografía

1. Badilla, F. (2002). Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64, 77–87. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2050E/A2050E.PDF>
2. Brown, J. J. (2017). *Fall webworm insect pest management in hybrid poplars series*. Washington. Retrieved from <https://research.libraries.wsu.edu/xmlui/bitstream/handle/2376/12211/FS275E.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Ochoa, A. (2013). *Algunos aspectos etológicos y efectividad de Tetrastichus howardi (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), en el control de Diatraea saccharalis (Fab.) (Lepidoptera: Pyralidae) en áreas forrajeras de la Empresa Azucarera Majibacoa*. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Retrieved from <https://biblioteca.ihatuey.cu/link/tesis/tesism/anayzaochoa.pdf>
4. Pec Hernández, M. M. (2015). *Preferencia de parasitismo de Cotesia flavipes Cameron (Hymenoptera: Braconidae), sobre diferentes instares de Diatraea crambidoides Grote (Lepidoptera: Crambidae). Diagnóstico y servicios realizados en Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A.* (Tesis Ing. Agr.). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala. Retrieved from <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6056/>

4

5. Roney, J. (1930). Scientific notes. *Journal of Economic Entomology*, 23(1), 286–290. <https://doi.org/10.1093/jee/23.1.286>
6. Volney, A. (1995). *Jack pine budworm biology and mangent*. Retrieved from <http://www.cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/12135.pdf#page=63>

1.7. Anexos



Figura 1. *A. esurus* saliendo de pupas de *D. crambidoides*

Anexo 4 Eficiencia y persistencia de Clothianidin, Imidacloprid y Thiamethoxam para el controlar ninfas de chinche salivosa *Aeneolamia spp.* (Hemíptera: Cercopidae) Finca La Unión.

1.1. Resumen

La presente investigación se planteó en función de la búsqueda de moléculas químicas más eficientes y más económicas para el mejor manejo de la chinche salivosa (*Aeneolamia spp.*). Se realizó en condiciones de Finca La Unión, se evaluaron las moléculas de Clothianidin, Thiamethoxam y Thiamethoxam genérico, se utilizó un diseño en bloques al azar con 8 repeticiones, se realizó la aplicación con la presencia de ninfa y se analizó por medio de pruebas no paramétricas Kruskal y Wallis; se determinó que no hay diferencias estadísticas entre los productos evaluados, pero si la hay con respecto al testigo.

1.2. Introducción.

La chinche salivosa es una de las plagas más importantes en el cultivo de caña de azúcar debido a que se pierden 3.2 Toneladas de caña por la presencia de un insecto por tallo en las edades de 3 a 6 meses de edad del cultivo y 2.45 toneladas cuando el ataque es arriba de 6 meses (Badilla, 2002), la aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, la utilización de trampas adhesivas y las diferentes labores culturales como el Aporque y rastra son parte de la mayoría de los controles utilizados en Ingenio Santa Ana, pero con la entrada de nuevas variedades susceptibles, áreas endémicas de la plaga el control biológico no es una opción, por lo que parte de los controles utilizados son los insecticidas químicos, por lo que su evaluación es importante para que su uso correcto (Márquez & López, 1996; Obando, Bustillo, Castro, & Mesa, 2013; Pec Hernández, 2015).

Los objetivos de la presente investigación son la de conocer la dinámica poblacional de ninfas en cada molécula de insecticida evaluada, determinar tiempo de control de cada molécula química en el control de chinche salivosa.

1.3. Metodología

1.3.1. Condiciones de aplicación

Las condiciones de aplicación se muestran a continuación.

Finca:	La Unión
Lote:	13
Variedad:	CG_9810
Edad.	160 días (5 meses)
Volumen de calibración:	300 litros/Ha
Equipo:	Bombas Maruyama

1.3.2. Manejo del Ensayo

- ✓ Se realizó un monitoreo semanal de 2 metros para la estimación de la población de ninfas y el conteo adultos por trampa.
- ✓ Los muestreos se realizaron en puntos distintos, pero en el surco tres de cada unidad experimental.
- ✓ Los muestreos se iniciaron desde el día 7 hasta 67 días después de la aplicación para el caso teniendo 9 muestreo post aplicación
- ✓ Se tabularon los datos.

1.4. Resultados y discusión

1.4.1. Muestreo Inicial.

Para garantizar que todos tratamientos tuvieran la misma proporción de ninfas/tallo se ordenaron los datos de mayor a menor y se armaron bloques con la gradiente de variabilidad población de ninfas/tallo y se hizo un ANDEVA que comprueba que no hay diferencia entre las poblaciones de ninfas/tallo en los diferentes tratamientos, pero si diferencia en los bloques propuestos.

1.4.2. Análisis estadístico de la población de ninfas/Tallo

Según el análisis estadístico para los productos Clothianidin, Thiamethoxam y Thiamethoxam Genérico no hay diferencia significativa entre la semana 1 y la semana 9 en cuanto a la población de ninfas por tallo y son diferentes al testigo según la prueba estadística kruskal y wallis ($p > 0.05$)

Cuadro 1. Resultados de la prueba de comparación de medias para la variable ninfas por tallo.

DDA	Clothianidin	Thiamethoxam	Thiamethoxam Gen	Testigo
0	1.65 A	1.5 A	1.38 A	1.44 A
11	0.26 A	0.76 A	0.88 AB	1.90 B
19	0.17 A	0.61 AB	0.30 A	1.13 B
25	0.09 A	0.25 A	0.13 A	1.06 B
32	0.14 A	0.18 A	0.14 A	0.53 B
39	0.15 A	0.19 A	0.22 A	1.26 B
46	0.17 A	0.60 A	0.44 A	2.32 B
53	0.30 A	0.45 A	0.98 A	2.39 B
60	0.29 A	0.24 A	0.24 A	1.49 B
67	0.21 A	0.19 A	0.39 A	2.69 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

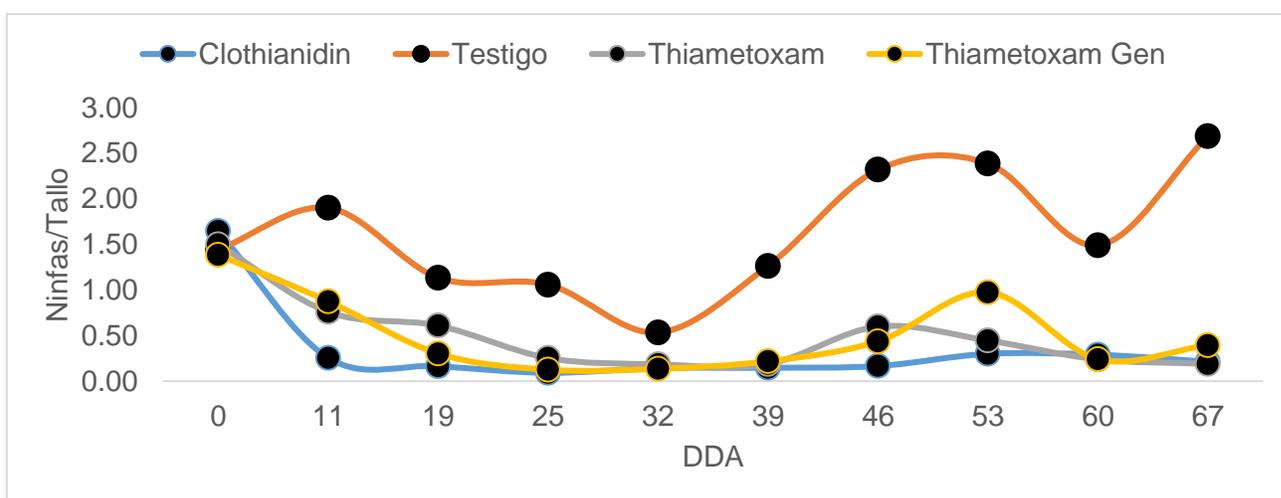


Figura 1. Dinámica poblacional de ninfas por tallo

1.4.3. Análisis estadístico de la población adultos por trampa.

Según el análisis estadístico para los productos Clothianidin, Thiamethoxam y Thiamethoxam Genérico no hay diferencia significativa entre la semana 1 y la semana 9 en cuanto a la población de adultos por tallo y son diferentes al testigo kruskal y wallis ($p > 0.05$)

Cuadro 2. Resultados de la prueba de comparación de medias para la variable adultos por tallo.

DDA	Clothianidin	Thiamethoxam	Thiamethoxam Gen	Testigo
0	0.06 A	0.07 A	0.07 A	0.07 A
11	0.17 A	0.09 A	0.10 A	0.34 B
19	0.07 A	0.16 A	0.12 A	0.43 B
25	0.03 A	0.04 A	0.05 A	0.36 B
32	0.04 A	0.05 A	0.05 A	0.30 B
39	0.03 A	0.04 A	0.06 A	0.23 B
46	0.02 A	0.07 A	0.06 A	0.28 B
53	0.12 A	0.14 A	0.18 A	0.61 B
60	0.04 A	0.06 A	0.05 A	0.37 B
67	0.05 A	0.10 A	0.25 A	0.61 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

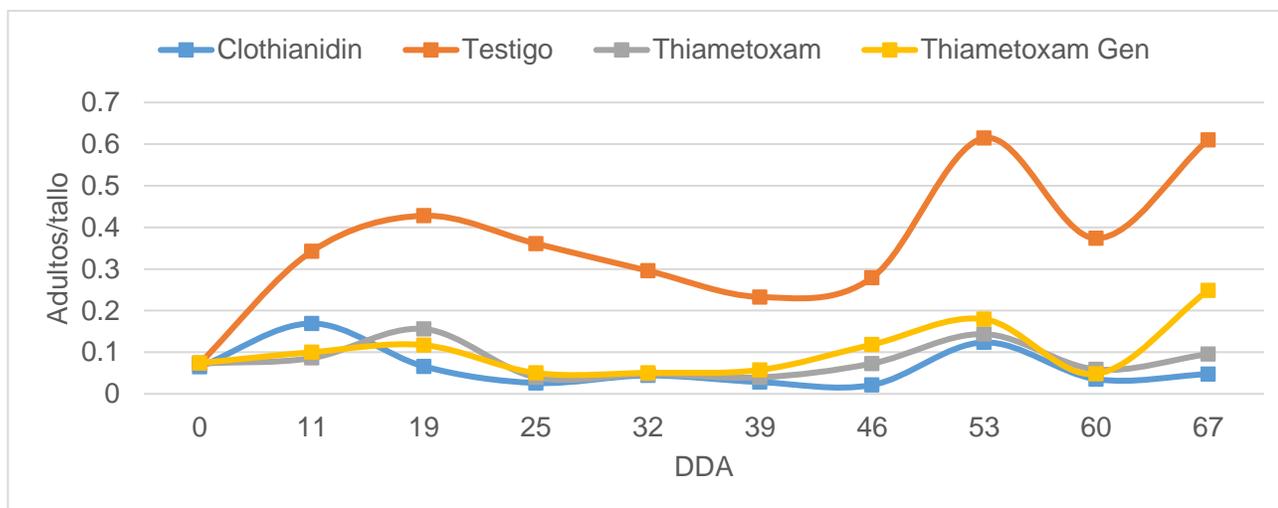


Figura 2. Dinámica poblacional adultos por tallo

En las figuras 1 y 2 se muestra que la dinámica poblacional de los insectos en el tratamiento testigo se observan 3 picos poblacionales que a hacen referencia la literatura que sucede en condiciones naturales (Badilla & Gomez, 1995), el efecto de control que se tiene en las unidades experimentales donde se aplicó insecticida a los 67 días no necesariamente está presente la molécula química, sino se debe a que al eliminar las primeras poblaciones de insectos estos no se reproducen y así se eliminan las siguientes generaciones.

1.5. Conclusiones y recomendaciones

Los insecticidas evaluados tienen control hasta 67 días según lo evaluado y no hay diferencias estadísticas entre las moléculas y se recomienda hacer un análisis económico para determinar cuál de los productos se debe adquirir de acuerdo al costo para esta fase del cultivo y en las condiciones evaluadas.

1.6. Bibliografía

1. Badilla, F. (2002). Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64, 77–87. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2050E/A2050E.PDF>
2. Márquez, JM., & López, E. (1996). *Nivel de daño económico para las plagas de importancia en caña de azúcar y su estimación con base en un programa diseñado por CENGICANA*. Guatemala: CENGICANA. Retrieved from <https://docplayer.es/18140065-Nivel-de-dano-economico-para-las-plagas-de-importancia-en-cana-de-azucar-y-su-estimacion-con-base-en-un-programa-disenado-por-cengicana.html>
3. Obando, J. A., Bustillo, A. E., Castro, U., & Mesa, N. C. (2013). Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 26-33. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v39n1/v39n1a05.pdf>
4. Roney, J. (1930). Scientific notes. *Journal of Economic Entomology*, 23(1), 286–290. <https://doi.org/10.1093/jee/23.1.286>

Anexo 5 Estimación de la tasa de bioregulación de huevos del barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*) en campo en función de un corredor ecológico de enero a noviembre de 2017.

1.1. Resumen

Uno de los factores más importantes en el manejo de plagas es la cuantificación de la regulación realizada por enemigos naturales, en esta investigación se tomaron 3 fincas con diferentes niveles de infestación de barrenador del tallo, y se quería analizar si hay tendencia en cuanto al nivel de infestación versus la presencia de enemigo naturales a o largo de un ciclo del cultivo, se tomaron las siguientes fincas California con un nivel promedio arriba del 6% de intensidad de infestación, finca con nivel medio Finca Provincias con un nivel entre 4-6 %, despues finca La Aurora con un nivel de infestación entre 2 y 4%. Se expusieron huevos del barrenador del tallo al ambiente durante 4 días y se colectaron para verificar la depredación o parasitación de parte de los enemigos naturales presentes en el campo.

Los resultados muestras que hay una tendencia en cuanto al nivel de infestación y la bioregulación presente, debido a que finca California con los niveles más altos de infestación es la que presenta menos bioregulación, seguida por Finca Provincias y la finca que tiene los valores más altos de bioregulación es Finca La Aurora y coincide nuevamente con los valores más bajos de intensidad de infestación de la plaga, otro de los aportes de esta investigación es la identificación de la reducción de la bioregulación a lo largo del ciclo del cultivo siendo que en los valores más altos de la plaga coincide con los valores más bajos de bioregulación de los enemigos naturales.

1.2. Metodología

Para el ensayo se realizaron dos metodologías; la primera consistió en colocar hembras copuladas en vasos con cedazo, con la finalidad que estas colocaran sus posturas en las hojas del cultivo, y la otra forma fue colocando posturas obtenidas del laboratorio de parasitoides del Ingenio Santa Ana.

1.2.1. Condiciones de los ensayos en las fincas.

El ensayo se llevó a cabo en 3 fincas descritos a continuación:

Cuadro 1. Datos del lugar de los ensayos.

Finca	Lote	Fecha de corte/siembra	Intensidad de Infestación	Variedad
California	511	21/11/2016	>6 %	CP73-1547
La Aurora	110	11/12/2016	2-4%	CP73-1547
Provincias	411	8/12/2016	4-6 %	CG98-46

1.2.2. Establecimiento de las posturas en el campo.

- Los adultos de *Diatraea crambidoides* se obtuvieron del laboratorio de parasitoides del ingenio Santa Ana.
- En los surcos de caña de azúcar se marcaron los puntos de colocación de las hembras a diferentes distancias del corredor ecológico (vegetación del lugar) dependiendo del tratamiento. (Ver figura 1)

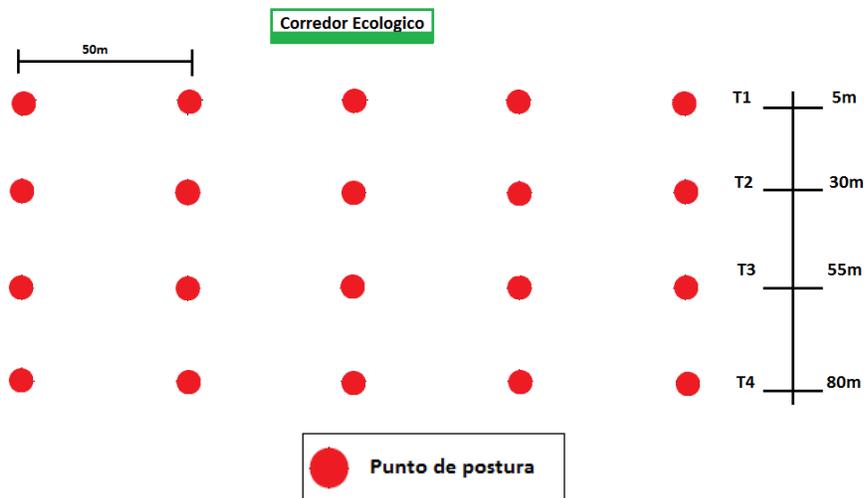


Figura 1. Croquis de campo.

- En cada punto o tratamiento se seleccionaron cuatro hojas de una misma planta, colocando en la parte media del limbo un vaso con una hembra copulada, tal como se muestra en la figura 2, para hacer un total de cuatro hembras por punto. Esto se realizó en horas de la tarde para que la temperatura fuera menor y las hembras no se deshidrataran.

Vasos con hembras.



Posturas de laboratorio

Figura 2. Colocación de los vasos y posturas en las hojas de caña de azúcar

- Las hembras se dejaron una noche, al siguiente día se retiraron los vasos y hembras, contabilizando el total de posturas y huevos colocadas en las hojas de las plantas por *Diatraea crambidoides*. A continuación, se muestra la boleta de campo para cuantificar estas posturas y huevos.

Cuadro 2. Boleta de campo para la toma de datos huevos y posturas dejados por las hembras copuladas de *Diatraea crambidoides*.

Repetición/surco: 1, 2, 3, 4 o 5.					
Trata. 1	# Posturas	# Huevos.	Trata. 3	# Posturas	# Huevos.
- Vaso 1			- Vaso 1		
- Vaso 2			- Vaso 2		
- Vaso 3			- Vaso 3		
- Vaso 4			- Vaso 4		
Trata. 2	# Posturas	# Huevos.	Trata. 4	# Posturas	# Huevos.
- Vaso 1			- Vaso 1		
- Vaso 2			- Vaso 2		
- Vaso 3			- Vaso 3		
- Vaso 4			- Vaso 4		

- También se colocaron cuatro posturas en papel mantequilla de 25 huevecillos cada una, obtenidas del laboratorio de parasitoides. Cada postura se colocó en diferente hoja de caña de azúcar utilizando masking tape, tal como se muestra en la figura 2.

- Estas posturas quedaron expuestas al ambiente y a los enemigos naturales durante dos días, después de esto fueron colectadas y colocadas en cajas de plástico esterilizadas y fueron llevadas al laboratorio de parasitoides, donde se contabilizó el número de huevecillos/punto, el total de larvas emergidas, huevecillos parasitados y porcentaje de mortalidad.
- La información se analizó en base a la metodología ya sea postura de laboratorio o postura de hembras en hojas de caña de azúcar.

1.2.3. Variable de respuesta

- Porcentaje de depredación
- Porcentaje de parasitismo natural
- Porcentaje de mortalidad
- Tasa de bioregulacion

1.2.4. Análisis de la información

Se llevó un registro de las variables, se analizaron con estadística descriptiva y se realizaron graficas de tendencia.

1.2.5. Materiales

- 80 vasos con cedazo.
- 80 hembras de *Diatraea crambidoides*
- 80 posturas, cada una con 25 huevecillos de *Diatraea crambidoides*
- Estereoscopio
- Cajas de Petri
- Agujas de disección

1.3. Resultados y Discusión

A continuación, se muestra los resultados de los diferentes muestreos realizados a lo largo del ciclo del cultivo, en los que se observa que, en las fincas, La Aurora presenta los datos más altos de bio regulación y los más bajos lo presenta finca California.

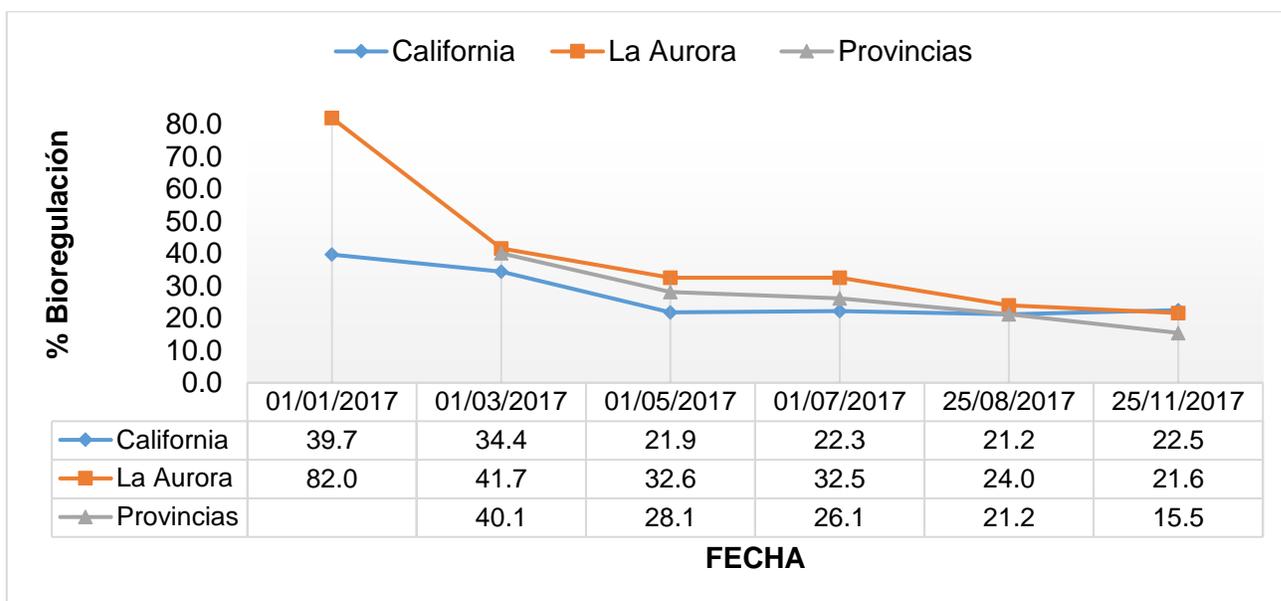


Figura 3. Dinámica de bioregulación de enemigos naturales a huevos del barrenador del tallo

Los valores de bioregulación se reducen a lo largo del ciclo del cultivo, se presume que los valores se reducen porque coincide con el acame del cultivo lo que no permite la proliferación de plantas arvenses, también coincide con las lluvias y con ello la cantidad de hormigas se reduce siendo ellas los principales enemigos naturales de huevos de barrenador del tallo.

También realizando una revisión histórica del uso de la tierra en finca California, se identificó la utilización de insecticidas en el cultivo de algodón que previamente se cultivaba en dichas áreas, también el uso de insecticidas utilizadas en el control de la chinche salivosa también afecta la sobrevivencia de enemigos naturales del barrenador del tallo, el efecto de los corredores biológicos también es importante debido a la naturaleza del diseño y extensión de los pantes prácticamente los corredores no logran tener efecto.

1.4. Conclusiones y Recomendaciones

El porcentaje de depredación promedio en el 2017 para el lote 411 de la Finca Provincias fue de 26.19%; para el lote 511 de la Finca California fue de 26.97% y el lote 110 de la Finca La Aurora presentó una depredación de 39.04%, evidentemente en esta última hubo una mayor depredación de huevos *D. crambidoides* colocados en papel mantequilla. Usando huevos ovipositados por hembras, el lote 110 de la finca La Aurora presentó la mayor depredación de estos, ya que se obtuvo un 35.82%, seguido por el lote 411 de la Finca Provincias con un 30.32% por último el lote 511 de California con un 24.36%. Se recomienda realizar anualmente estas evaluaciones para cada finca para determinar la situación de la bioregulación, además de realizarla en áreas con plantas arvenses para determinar el impacto de corredores biológicos en el manejo del barrenador del tallo en caña de azúcar.

1.5. Bibliografía

1. Badilla, F. (2002). Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64, 77–87. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2050E/A2050E.PDF>
2. Márquez, M., & López, E. (1996). *Nivel de daño económico para las plagas de importancia en caña de azúcar y su estimación con base en un programa diseñado por cengicaña*. Guatemala: CENGICAÑA.
3. Ochoa, A. (2013). *Algunos aspectos etológicos y efectividad de Tetrastichus howardi (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), en el control de Diatraea saccharalis (Fab.) (Lepidoptera: Pyralidae) en áreas forrajeras de la Empresa Azucarera Majibacoa*. (Tesis MSc.). Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos": Cuba. Retrieved from <https://biblioteca.ihatuey.cu/link/tesis/tesism/anayzaochoa.pdf>
4. Pec Hernández, M. M. (2015). *Preferencia de parasitismo de Cotesia flavipes Cameron (Hymenoptera: Braconidae), sobre diferentes instares de Diatraea crambidoides Grote (Lepidoptera: Crambidae)*. Diagnóstico y servicios realizados en Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A. (Tesis Ing. Agr.). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala. Retrieved from <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6056/>