

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

DENSIDADES POBLACIONALES DEL PARASITOIDE *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR *Diatraea crambidoides* (Lepidoptera: Crambidae), BAJO CONDICIONES SEMI CONTROLADAS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

DAYRINNE DULCE CRISTINA GODOY VALDÉZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

DENSIDADES POBLACIONALES DEL PARASITOIDE *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR *Diatraea crambidoides* (Lepidoptera: Crambidae), BAJO CONDICIONES SEMI CONTROLADAS. 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

DAYRINNE DULCE CRISTINA GODOY VALDÉZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020.

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. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez.
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020.

Guatemala, noviembre de 2020

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“DENSIDADES POBLACIONALES DEL PARASITOIDE *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR *Diatraea crambidoides* (Lepidoptera: Crambidae), BAJO CONDICIONES SEMI CONTROLADAS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. ”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



DAYRINNE DULCE CRISTINA GODOY VALDÉZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Creador de vida por darme fuerzas para continuar y nunca perder la fe, a tí sea la honra, la gloria y el honor Padre.

MIS PADRES

Estuardo Godoy Sánchez y Norma Leticia Valdéz Jiménez; por ser ejemplo de responsabilidad, inculcarme valores y hacerme la mujer que hoy soy. Por sus consejos, apoyo incondicional, e infinito amor. ¡LO LOGRAMOS!

HERMANOS

Jenner Estuardo Godoy Valdéz y Ángel Andrés Godoy Valdéz por llenar mi vida de alegría, deseo lo mejor para ustedes y que puedan cumplir sus sueños para seguir celebrando juntos.

FAMILIA GENERAL

A mis abuelos gracias por tenerme siempre en sus oraciones. Alice y Cristian por darme al motor de mi felicidad, mi pequeño Mateo, sigan luchando por ser mejores personas cada día. ¡Los quiero tanto! Y a mis primos, por su amistad incondicional.

MI NOVIO

Rudy Coloma, tu ayuda ha sido fundamental para culminar este proyecto con éxito, siempre fuiste mi motivación hasta en los momentos más difíciles. Muchas gracias, mi amor.

AMIGOS

Luis Morales, Zully Guzmán, Verenice Alfaro, Jeimy Monroy, Adriana Godoy, Alex Bojorques, Edwin Rompich, Wilson Aguilar, Gabriela Arana, Sergio Alonzo, Stephanie González, Gabriela Pacheco, Karla López, Heliberto Méndez, Abigail García, J. Carlos Canté. Por los buenos momentos juntos, los quiero tanto.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi supervisor Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamontes por su amistad, apoyo incondicional y sugerencias, por el gran aporte de conocimiento, paciencia y tiempo brindado a lo largo de mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Mi asesor Ing. Agr. Filadelfo Guevara por ayudarme en el seguimiento de mi investigación y su aporte de conocimiento entomológico.

Luis Arroyo Matute por su aporte de conocimiento y permitirme ser parte de su equipo de trabajo.

Ingenio Santa Ana institución que me permitió crecer profesionalmente, gracias por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en su equipo de trabajo, por brindarme tanto conocimiento en el manejo integrado de plagas de caña de azúcar

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA	1
1.1. PRESENTACIÓN	3
1.2. MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1. Descripción general del área de estudio.....	4
1.3. OBJETIVOS	9
1.3.1. Objetivo general.....	9
1.3.2. Objetivos específicos.....	9
1.4. METODOLOGÍA	10
1.4.1. Determinación de problemas.....	10
1.4.2. Herramientas utilizadas	11
1.5. RESULTADOS.....	11
1.5.1. Detallar la estructura organizacional del Departamento Técnico Agrícola.....	11
1.5.2. Determinar las distintas actividades del Departamento Técnico Agrícola.	14
1.5.3. Conocer los principales problemas del manejo de plagas.....	22
1.6. CONCLUSIONES.....	24
1.7. RECOMENDACIONES	24
1.8. BIBLIOGRAFÍA	25
CAPÍTULO II: DENSIDADES POBLACIONALES DEL PARASITOIDE <i>Cotesia</i> <i>flavipes</i> (Hymenoptera: Braconidae), PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR <i>Diatraea crambidoides</i> (Lepidoptera: Crambidae), BAJO CONDICIONES SEMI CONTROLADAS, INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA.....	27
2.1. PRESENTACIÓN	29
2.2. MARCO TEÓRICO.....	31
2.2.1. Marco Conceptual	31

	PÁGINA
2.3. MARCO REFERENCIAL.....	53
2.3.1. Ubicación geográfica de la empresa	53
2.3.2. Características del área de estudio.....	53
2.4. OBJETIVOS.....	57
2.4.1. Objetivo general.....	57
2.4.2. Objetivos específicos	57
2.5. HIPÓTESIS.....	57
2.6. METODOLOGÍA	58
2.6.1. Evaluar el parasitoidismo de <i>Cotesia flavipes</i>	58
2.6.2. Determinar la intensidad de infestación por <i>Diatraea crambidoides</i>	74
2.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
2.7.1 Evaluar el parasitoidismo de <i>Cotesia flavipes</i>	81
2.7.2. Determinar la intensidad de infestación por <i>Diatraea crambidoides</i>	87
2.7.3. Discusión de resultados	90
2.8. CONCLUSIONES	94
2.9. RECOMENDACIONES.....	95
2.10. BIBLIOGRAFÍA.....	96
CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C. A.	103
3.1. PRESENTACIÓN.....	105
3.2. SERVICIO 1: Determinación de la tasa de potencia de rodenticida	106
3.2.1. MARCO REFERENCIAL.....	108
3.2.2. OBJETIVOS	108
3.2.3. METODOLOGÍA.....	109
3.2.4. RESULTADOS	111
3.2.5. EVALUACIÓN DEL SERVICIO	113
3.2.6. BIBLIOGRAFÍAS	114
3.2.7. ANEXOS	115

	PÁGINA
3.3. SERVICIO 2: Evaluación de feromona sexual atrayente de <i>D. crambidoides</i>	116
3.3.1. MARCO REFERENCIAL	118
3.3.2. OBJETIVO	121
3.3.3. METODOLOGÍA	121
3.3.4. RESULTADOS	123
3.3.5. EVALUACIÓN DEL SERVICIO.....	126
3.3.6. BIBLIOGRAFÍAS	127
3.3.7. ANEXOS.....	128
3.4. SERVICIO 3: Evaluación de preferencia de <i>D. crambidoides</i> a distintas dietas	131
3.4.1. MARCO REFERENCIAL	133
3.4.2. OBJETIVOS.....	133
3.4.3. METODOLOGÍA	134
3.4.4. RESULTADOS	138
3.4.5. EVALUACIÓN DEL SERVICIO.....	140
3.4.6. BIBLIOGRAFÍAS	142
3.4.7. ANEXOS.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Mapa de ubicación y acceso a Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala.....	5
Figura 2. Metodología utilizada en elaboración de diagnóstico	10
Figura 3. Organigrama del departamento técnico agrícola	12
Figura 4. Ciclo biológico de <i>Diatraea crambidoides</i>	37
Figura 5. Tubérculo meso torácico dorsal en forma de “B” alargada en <i>D. crambidoides</i> ..	37
Figura 6. Síntoma de corazón muerto en edad temprana de la caña.....	38
Figura 7. Diferenciación de sexo en avispas de <i>C. flavipes</i>	42
Figura 8. Ciclo de vida de un parasitoide larval.....	43
Figura 9. Ciclo vital del parasitoide y su polidnavirus.	45
Figura 10. Correlación entre el porcentaje de parasitoidismo e intensidad de infestación.	48
Figura 11. Preferencia de parasitoidismo de <i>C. flavipes</i> sobre instares III, IV, y V.	50
Figura 12. Croquis de distribución de macetas de acuerdo a puntos.	51
Figura 13. Mapa general región seis, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.	55
Figura 14. Mapa de ubicación y acceso a Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.	56
Figura 15. Componentes considerados en la implementación de la investigación.....	59
Figura 16. Reparación de jaulas región seis, Ingenio Santa Ana.....	62
Figura 17. Corte y colocación de postes en campo.....	63
Figura 18. Colocación de jaulas en campo.	63
Figura 19. Vista interna de unidad experimental.	64
Figura 20. Liberación del parasitoide <i>Cotesia flavipes</i> , en cañaveral.....	65
Figura 21. Condiciones ambientales al momento de liberación de <i>C. flavipes</i>	66
Figura 22. Sintomatología en campo de parasitoidismo.....	68
Figura 23. Larvas <i>D.crambidoides</i> extraídas de campo.	69
Figura 24. Larva <i>D.crambidoides</i> para determinación de parasitoidismo <i>C. flavipes</i>	69
Figura 25. Larvas en observación con presencia de parasitoidismo <i>C. flavipes</i>	70
Figura 26. Pupas de <i>D. crambidoides</i> representativas de ausencia de parasitoidismo.....	70
Figura 27. Estimación de supuesto normalidad en gráfico QQPLOT para parasitoidismo.	72
Figura 28. Diagrama de dispersión de residuos de porcentaje de parasitoidismo.	73
Figura 29. Distribución de puntos de inserción larval.	74

	PÁGINA
Figura 30. Identificación de cada fecha de inserción larval.....	75
Figura 31. Larvas <i>D. crambidoides</i> con 11 días de emergencia extraídas de laboratorio..	75
Figura 32. Inserción larval <i>D. crambidoides</i> en campo.	76
Figura 33. Galerías ocasionadas por larva <i>D. crambidoides</i> , Ingenio Santa Ana	77
Figura 34. Tallos barrenados por larva <i>D. crambidoides</i> , Ingenio Santa Ana.	77
Figura 35. Estimación de supuesto normalidad en gráfico QQPLOT para intensidad	79
Figura 36. Diagrama de dispersión de residuos de la variable intensidad de infestación ..	80
Figura 37 – 42. Temperatura, precipitación y humedad relativa de los días de liberación.	82
Figura 43-51. Temperatura, precipitación y humedad relativa de los días de liberación ...	83
Figura 52. Parasitoidismo de <i>C. flavipes</i> sobre larvas de <i>D. crambidoides</i>	84
Figura 53. Intensidad de infestación de <i>Diatraea crambidoides</i>	88
Figura 54. Porcentaje de mortalidad de <i>Sigmodon hispidus</i>	112
Figura 55. Diagrama de dispersión prueba Probit.....	112
Figura 56A Recolección de Roedores	115
Figura 58A Interior de unidades experimentales.....	115
Figura 60A Consumo de Cebo.....	115
Figura 62. Tipos de difusores de feromona sexual.	118
Figura 63. Precipitación del 22 de enero al 11 de febrero del 2020.....	119
Figura 64. Humedad relativa del 22 de enero al 11 de febrero del 2020.	119
Figura 65. Temperatura del 22 de enero al 11 de febrero del 2020.....	120
Figura 66. Velocidad del viento del 22 de enero al 11 de febrero del 2020.	120
Figura 67. Machos capturados de <i>Diatraea crambidoides</i> en cañaveral de 45 días.....	123
Figura 68. Machos capturados de <i>Diatraea crambidoides</i> en cañaveral de 280 días.....	124
Figura 69A. Tipo de difusor blíster “A”.	130
Figura 71A. Heliotis colocadas en campo para monitoreo de machos <i>D. crambidoides</i> ..	130
Figura 72A Presentación de datos sobre la preferencia de dietas a nivel de laboratorio.	139
Figura 73A. Pesado de larvas <i>Diatraea cambidoides</i>	147
Figura 74A. Harina de caña de azúcar.	148
Figura 75A. Preparación de dietas en laboratorio de producción de parasitoides.	148
Figura 76A. Corte de dietas para posterior distribución individual en cajas.....	148

	PÁGINA
Figura 77A. Larva alimentándose de dieta bajo evaluación.	149
Figura 78A. Caña de azúcar contaminada.	149
Figura 79A. Dietas elaboradas con presencia de contaminación.....	149

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Productividad de azúcar de variedad CG04-10295	33
Cuadro 2. Características de manejo de la variedad CG04-10295.	33
Cuadro 3. Factor de pérdida e índice de daño estimado.....	35
Cuadro 4. Grado de infestación en base al muestreo de cogollos o corazones muertos. ...	39
Cuadro 5. Porcentaje promedio de parasitoidismo observado en distancias evaluadas....	46
Cuadro 6. Infestación e intensidad de infestación de <i>D. tabarnella</i> y parasitoidismo	47
Cuadro 7. Relación beneficio-costo del programa de control biológico de <i>D. tabarnella</i>	49
Cuadro 8. Porcentaje promedio de parasitoidismo observado	52
Cuadro 9. Promedio general del porcentaje de parasitoidismo	52
Cuadro 10. Fechas del ciclo biológico de larvas <i>D. crambidoides</i> en inserción larval.....	67
Cuadro 11. Registro de control de calidad de las tres liberaciones de <i>C. flavipes</i>	67
Cuadro 12. Test de Shapiro wilks para determinación de supuesto de normalidad	71
Cuadro 13. Análisis de la varianza (SC TIPO III) para parasitoidismo.	73
Cuadro 14. Test de Shapiro wilks para determinación de supuesto de normalidad	78
Cuadro 15. Análisis de la varianza (SC TIPO III) para intensidad de infestación.	80
Cuadro 16. Resultados obtenidos por repetición en porcentaje de parasitoidismo.	84
Cuadro 17. Análisis de la varianza (SC TIPO III) para porcentaje de parasitoidismo.....	85
Cuadro 18. Separación de medias Scott & Knott al 5 % parasitoidismo de <i>C. flavipes</i>	86
Cuadro 19. Resultados obtenidos por repetición en intensidad de infestación.	87
Cuadro 20. Análisis de la varianza (SC TIPO III) para Intensidad de infestación.....	89
Cuadro 21. Separación de medias Scott & Knott al 5 % intensidad de infestación	90
Cuadro 22. Descripción de tratamientos a ser evaluados.	109
Cuadro 23. Tratamientos evaluados para la captura de adultos de barrenador.....	121
Cuadro 24A. Test de Shapiro wilks para determinación de supuesto de normalidad.....	128
Cuadro 25A. Análisis de la varianza del método no paramétrico Kruskal-Wallis.....	128
Cuadro 26A. Comparación múltiple de medias de a pares Kruskal-Wallis.....	128
Cuadro 27A. Test de Shapiro wilks para determinación de supuesto de normalidad.....	129
Cuadro 28A. Análisis de la varianza del método no paramétrico Kruskal-Wallis.....	129
Cuadro 29A. Comparación múltiple de medias de a pares Kruskal-Wallis.....	129

	PÁGINA
Cuadro 30. Tratamientos evaluados.	134
Cuadro 31. Cantidad de preservantes utilizados en realización de dietas.....	136
Cuadro 32A Test de Shapiro Wilks para determinación de supuesto de normalidad	143
Cuadro 33A Cuadro análisis de varianza (SC TIPO III) para ganancia de peso larval ..	143
Cuadro 34A Separación de medias Scott & Knott al 5 % sobre ganancia de peso larval.	144
Cuadro 35A Test Shapiro wilks para determinación normalidad de consumo por día (g).	144
Cuadro 36A Análisis de la varianza del método no paramétrico Kruskal & Wallis.	145
Cuadro 37A Test de Shapiro wilks para normalidad de contaminación de dietas.....	146
Cuadro 38A Análisis de la varianza del método no paramétrico Kruskal & Wallis	146
Cuadro 39A Prueba múltiple de a pares Kruskall & Wallis.....	147

RESUMEN

En el presente documento se brinda el trabajo realizado en ingenio Santa Ana, durante el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-. Se realizó el diagnóstico en dicha institución, con el fin de conocer la situación actual en cuanto a recurso humano, actividades varias realizadas dentro del departamento técnico agrícola y problemáticas que agravan el buen manejo integrado de las plagas de la caña de azúcar. El laboratorio de Control de Calidad se dedica a la realización de distintas investigaciones relacionadas al manejo de plagas de la caña de azúcar, por lo cual de este laboratorio fue extraída la información necesaria para determinar las problemáticas de mayor interés, para ser realizadas en investigación (Capítulo II) y servicios (Capítulo III). El problema más fuerte encontrado en la fase de diagnóstico fue el parasitoidismo de *Cotesia flavipes* en larvas de *Diatraea crambidoides*, dado que las liberaciones de parasitoides se realizan por medio de una densidad de 10 millares/ha en cañaveral de cinco meses, existiendo muy baja presencia de parasitoidismo. Por lo cual se requirió determinar otras densidades de liberación del parasitoide.

El diagnóstico realizado en el Departamento Técnico Agrícola del Ingenio Santa Ana, llevó una metodología específica, para la delimitación del sistema y determinación de problemas del Departamento. El proceso se resume en las siguientes fases: recorrido en laboratorios, recorrido en regiones a nivel de campo, identificación de puntos de acceso de información, determinación de estructura organizacional, realización de entrevistas con jefes de cada laboratorio, ordenar información recabada y presentación de resultados.

Con el fin de resolver el problema de bajos parasitoidismos por *Cotesia flavipes* en cañaveral de cinco meses en Ingenio Santa Ana se inicia la fase de investigación en: Densidades poblacionales del parasitoide *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar *Diatraea crambidoides* (Lepidoptera: Crambidae) bajo condiciones semi controladas.

Se evaluaron dos variables respuesta las cuales se describen en el presente documento, con el fin de obtener la densidad de liberación óptima de *Cotesia flavipes* bajo las condiciones de un cañaveral de cinco meses de edad. La densidad óptima estaría dada por la densidad que presente mayor parasitoidismo y reduzca significativamente el daño larval dado por el porcentaje de intensidad de infestación, siendo estas dos las variables respuesta a discutir al final del ensayo.

La investigación duró tres meses en fase de campo, se realizó mediante un arreglo estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones, generando los siguientes resultados: Existió diferencia significativa en la variable de respuesta porcentaje de parasitoidismo, donde el tratamiento número tres y cuatro que corresponden a densidades de liberación 20 y 40 mil parasitoides/ha respectivamente son estadísticamente iguales con porcentajes de parasitoidismo de 14.92 % y 16.88 % respectivamente, siendo estadísticamente diferentes a las densidades de liberación 0 y 10 mil parasitoides/ha, las cuales presentan porcentajes de parasitoidismo de 0 % y 3.13 % respectivamente. Para la variable respuesta porcentaje de intensidad de infestación, existió diferencia estadística significativa solamente para un tratamiento, siendo este la liberación de 40 mil parasitoides/ha, presentando el menor porcentaje de intensidad de infestación con 0.69 %, los tratamientos de liberación 0, 10 y 20 mil parasitoides/ha presentaron los siguientes porcentajes de intensidad de infestación: 2.44 %, 1.94 %, y 1.52 % respectivamente.

Como parte de los servicios ofrecidos, se realizaron tres investigaciones relacionadas al manejo de plagas de la caña de azúcar, el primer servicio se realizó con ratas cañeras *Sigmodon hispidus* determinando por medio de regresión probit la tasa de potencia de rodenticida CONTROL RAT®, bajo condiciones controladas. El segundo servicio se realizó con un aislamiento para ser utilizado como feromona sexual, atrayente de *D. crambidoides* en un cañaveral de cinco meses. El tercer servicio fue realizado a nivel de laboratorio para determinación de preferencia en distintas dietas formuladas para larvas *D. crambidoides* extraídas de campo.



CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA.

1.1. PRESENTACIÓN

El presente diagnóstico es un proceso analítico que permite dar a conocer la situación actual del área del Departamento Técnico Agrícola del Grupo Corporativo Santa Ana, Escuintla, Guatemala.

El cultivo de caña de azúcar inició en Guatemala en el siglo XVI, en el año 1591 se documenta el primer Ingenio a nivel nacional. Guatemala en el año 2017 toma el puesto número cuatro en exportación de azúcar a nivel mundial; generando 63,000 empleos directos, 315,000 indirectos, y divisas que superan los mil millones de dólares anuales (ASAZGUA, 2017).

La industria azucarera se ha visto preocupada por el cultivo de la caña de azúcar, esto se debe a que según Harmeling (2011) Guatemala se encuentra en el puesto número 10 a nivel mundial, de los países más afectados por el cambio climático, en base a esta preocupación, en el año 2014 la Asociación de Azucareros de Guatemala crea una política de gestión ambiental con el fin de mejorar los procesos de certificación y acceso a mercados. De manera global, se busca la sostenibilidad ambiental de las empresas.

En Grupo Corporativo Santa Ana, integran el cuidado del ambiente, estando comprometidos con la prevención, reducción, control y mitigación de impactos ambientales. Se organiza de la siguiente manera: división administrativa, división recursos humanos, división agrícola y servicios, división industrial, división informática y división financiera. El Departamento Técnico Agrícola actualmente pertenece a la División Agrícola y Servicios(Santa Ana, 2014).

El Departamento Técnico Agrícola del grupo corporativo Santa Ana lo integra las áreas de laboratorios y campo. El área de laboratorio lo conforman: Laboratorio de Producción de Parasitoides, laboratorio de Hongos Entomopatógenos y Antagonistas, producción de trampas adhesivas para chinche salivosa, planta maquiladora de cebos para roedores, Laboratorio de Control de Calidad y Desarrollo de Proyectos, Laboratorio de Meristemas.

Las actividades de campo se basan en investigaciones relacionadas de plagas del cultivo de la caña de azúcar y labores varias para control de las mismas.

El presente diagnóstico tiene como objetivo principal conocer la situación actual y establecer los proyectos a realizar como parte del EPS en el departamento técnico agrícola, Grupo Corporativo Santa Ana, por medio de una metodología basada en delimitación del sistema, y de los problemas; utilizando como herramientas la entrevista y observación. Al conocer la organización del departamento técnico agrícola, las funciones de los laboratorios y actividades de campo se determinó la problemática y su importancia en el entorno del grupo corporativo Santa Ana, concluyendo que se debe fortalecer el ámbito de liberaciones de parasitoides para control biológico de plagas del cultivo de la caña de azúcar.

1.2. MARCO REFERENCIAL

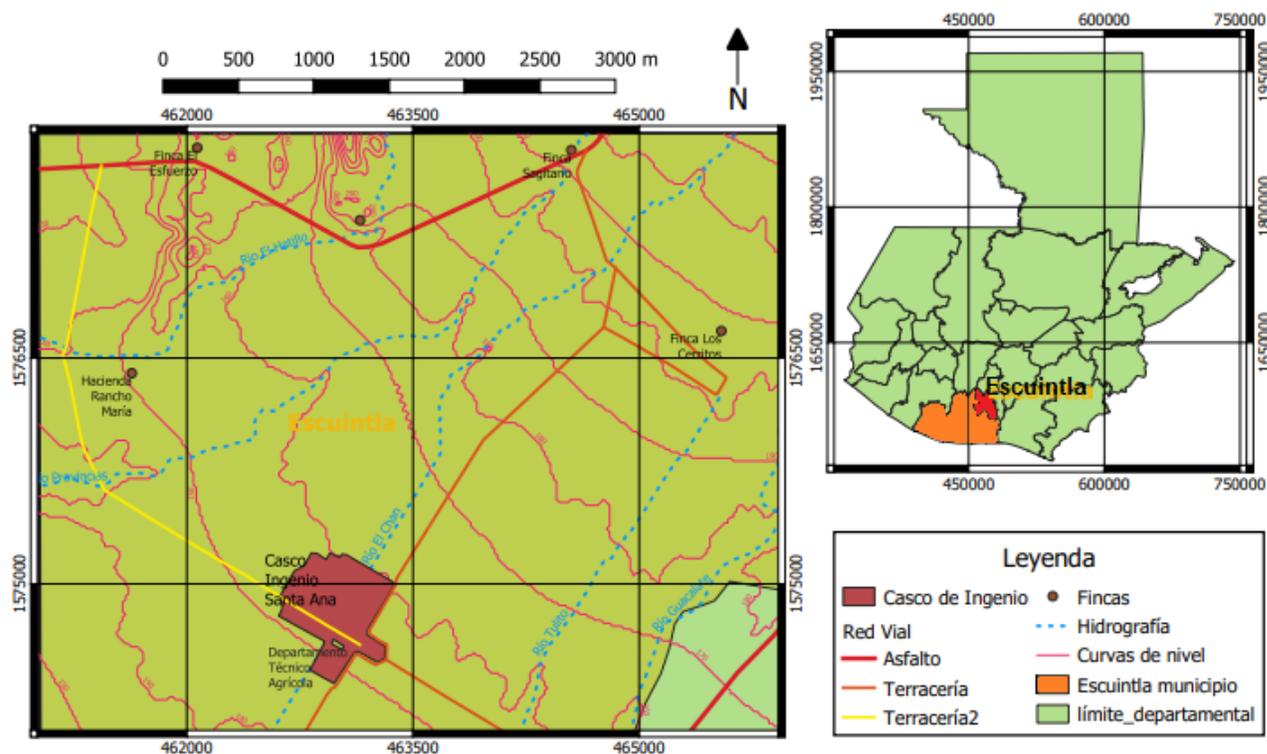
1.2.1. Descripción general del área de estudio

A. Ubicación geográfica de la empresa

Las oficinas centrales del Grupo Corporativo Santa Ana se encuentran en finca Cerritos, localizada en el km 64.5 carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, al Sur de la Ciudad de Guatemala. Coordenadas: 14° 14' 34.7" Latitud Norte y 90° 50' 35.8" Longitud Oeste, las instalaciones del Ingenio tienen una extensión de 423.24 ha (Santa Ana, 2014).

B. Vías de acceso

El departamento técnico agrícola se ubica dentro de la finca cerritos, la cual se encuentra a cuatro km del municipio de Escuintla. Dentro del casco de la finca, hay una red de calles para la movilización de personal por medio de vehículos lo cual se observa en la Figura 1. Existen calles de comunicación vial con fincas anexas.



Fuente: Elaborado en base a MAGA (2000).

Figura 1. Mapa de ubicación y acceso a Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala.

C. Condiciones climáticas

Durante el transcurso del año en Escuintla, las temperaturas varían entre 17 a 34 °C (Weatherspark, 2017).

Las condiciones climáticas específicas de las oficinas centrales se tomarán referenciadas en el área de la finca de cerritos la cual presenta una temperatura promedio anual de 26 °C, temperatura promedio máxima de 26.8 °C, humedad relativa máxima de 84 % y humedad relativa mínima de 68 % en el período de enero 2019 a diciembre 2019, tomando como referencia la estación meteorológica Costa Brava (ICC, Cengicaña, 2020).

D. Misión de la empresa

Producir y comercializar azúcar, melaza y energía eléctrica por medio del uso eficiente de sus recursos, con el fin de generar desarrollo realizándose como empresa competitiva y rentable en el mercado nacional e internacional (Santa Ana, Grupo Corporativo, 2020).

E. Visión de la empresa

Ser una organización líder en la agroindustria azucarera, involucrada con la sociedad y el medio ambiente, cuya eficiencia operativa y financiera genere bienestar para accionistas, colaboradores, clientes y proveedores (Santa Ana, Grupo Corporativo, 2020).

La empresa está ligada a siete valores importantes que todos los trabajadores deben cumplir, siendo estos: Responsabilidad, transparencia, flexibilidad, honestidad, disciplina, respeto y lealtad.

F. Productos generados por grupo corporativo Santa Ana

- a. Azúcar: cumpliendo con estándares de calidad, generan azúcar morena, crudo a granel, estándar y refino.
- b. Melaza: Miel final, con Brix de 85 % y pureza 30-35. Es la materia prima para elaboración de ron y alcohol, también es utilizado para alimento de ganado.
- c. Energía eléctrica: se comercializa en el mercado local y exportaciones de energía y potencia al mercado regional (países de Centro América) (Santa Ana, Grupo Corporativo, 2020).

G. Certificaciones de grupo corporativo Santa Ana

- a. Certificación ISO 9001: ayuda a la estandarización y organización de sus procesos, obtenida en el año 2008.
- b. Certificación FSSC 22000: verifica la calidad de los procesos de producción, garantizando inocuidad del azúcar se obtuvo en el año 2013.

H. Estructura Organizacional Grupo Corporativo Santa Ana

Funciona con una estructura jerárquica según Santa Ana (2014), la cual se presenta a continuación:

a. Gerencia general

Se encarga de organizar las actividades de gestión técnica y administrativa de las gerencias de división: administrativa, recursos humanos, financiera, industrial, informática, agrícola y servicios.

b. División administrativa

Dicta las políticas que rigen a la empresa, orientadas en sus objetivos administrativos. Se encarga de la administración del personal. Establecen los objetivos hacia donde quiere llegar la empresa, creando procedimientos para darles seguimiento, lleva control y dirección de la empresa.

c. División financiera

Planifica, ejecuta y controla todo el recurso monetario de la empresa.

d. División industrial

Se encarga de la transformación de la caña de azúcar y sus derivados, para satisfacer a sus clientes nacionales e internacionales.

e. División Recursos Humanos

Esta división se subdivide en distintas áreas como reclutamiento y selección, contratación, gestión de personal durante la permanencia de la empresa. Esto con el fin de lograr la mayor eficiencia del grupo corporativo Santa Ana.

f. División de Informática

Esta división se encarga de la planificación, comunicaciones, tecnología de la información y control de procesos para optimizar la producción.

g. División Agrícola y servicios

Es una división múltiple, encargada del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, para producir caña de azúcar y otros, entre los que se pueden mencionar aplicaciones aéreas, riegos y control de plagas (departamento técnico agrícola). En el área de servicios se encuentra transporte, taller y cosecha.

h. Servicios ofrecidos a los trabajadores

Los trabajadores residentes en el departamento de Escuintla cuentan con servicio de bus, teniendo 15 rutas distintas en todo el departamento. Para los trabajadores de la ciudad de Guatemala también existe un servicio de bus de viaje diario. Dentro de las instalaciones de Grupo Corporativo Santa Ana cuentan con servicio médico laboral.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Identificar la condición actual y establecer los principales proyectos del Departamento Técnico Agrícola, Grupo Corporativo Santa Ana, Escuintla.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Detallar la estructura organizacional del Departamento Técnico Agrícola.
2. Determinar las distintas actividades del Departamento Técnico Agrícola.
3. Conocer los principales problemas que conlleva el control y manejo de plagas.

1.4. METODOLOGÍA

Para la delimitación del sistema y determinación de problemas del departamento técnico agrícola se realizaron las actividades que se enlistan en la Figura 2.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 2. Metodología utilizada en elaboración de diagnóstico.

1.4.1. Determinación de problemas

Los problemas del Departamento Técnico Agrícola se identificaron por medio del diálogo, con personas de alta experiencia laboral dentro del Departamento Técnico. Así también se observó el ámbito laboral, realizando un recorrido por cada sector del departamento, identificando problemas y establecimiento de las causas de los mismos.

1.4.2. Herramientas utilizadas

A. Entrevistas

Se realizaron con personas de alta experiencia laboral con más de un año dentro del Departamento Técnico Agrícola.

B. Observaciones

En agosto 2019 se realizaron observaciones a nivel de laboratorio y campo.

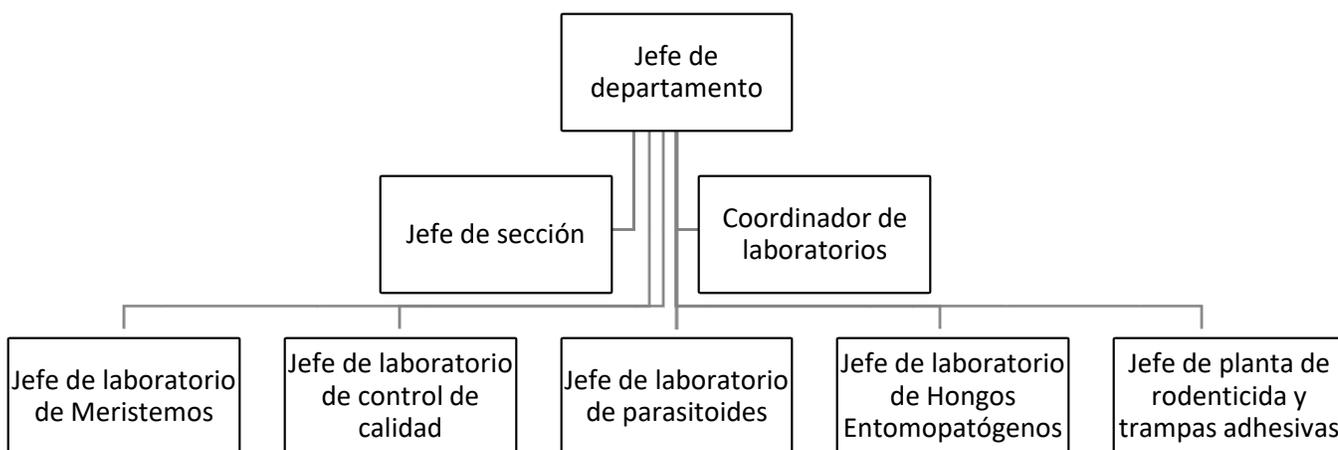
1.5. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del diagnóstico realizado en el Departamento Técnico Agrícola, Grupo Corporativo Santa Ana.

1.5.1. Detallar la estructura organizacional del Departamento Técnico Agrícola.

A. Organigrama del Departamento Técnico Agrícola

Se presenta gráficamente en la Figura 3, el cual está conformado por jefe de departamento, el cuál planifica las labores de campo y laboratorio, coordinador de laboratorios y jefe de sección. Ellos están a cargo de cada uno de los cuatro jefes de laboratorio y el jefe de la planta productora. Cada laboratorio cuenta con su equipo de trabajo que se encargan de llevar a cabo las labores destinadas para el laboratorio específico.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 3. Organigrama del Departamento Técnico Agrícola.

B. Funciones específicas de cada usuario

a. **Jefe de departamento:** Encargado de la organización general tanto de laboratorios como de campo, está en constante comunicación con el gerente agrícola para informar el estado actual de plagas en grupo corporativo Santa Ana.

b. **Jefe de sección:** Está a cargo de los técnicos de plagas de las siete regiones del grupo corporativo Santa Ana, es el encargado de la fase de campo en control de plagas.

- c. **Coordinador de laboratorios:** Abastecimiento de insumos para producción.
- d. **Jefe de Laboratorio de Meristemos:** Encargado de coordinación de procesos en cultivo de tejidos de caña de azúcar.
- e. **Jefe de Laboratorio de Producción de Parasitoides:** Encargado de coordinación de procesos en el parasitoide *Cotesia flavipes* para control de barrenador del tallo de la caña de azúcar *Diatraea crambidoides*.
- f. **Jefe de Laboratorio de Hongos Entomopatógenos y Antagonistas:** Encargado de coordinación de procesos en producción de hongos: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Isaria*.
- g. **Jefe de Laboratorio de Control de Calidad:** Encargado de coordinación de procesos en manejo de control de calidad de los productos de los diferentes laboratorios y la generación de nuevas investigaciones en plagas de la caña de azúcar.
- h. **Jefe de planta de rodenticida y trampas adhesivas:** Encargado de coordinación de procesos en producción de rodenticida y trampas adhesivas.
- i. **Técnicos de región:** Cada uno es encargado de su región, en el manejo de plagas completamente, llevan control de los manejos realizados e informan diariamente sus labores para disminución del daño ocasionado por las distintas plagas de acuerdo a la época.

1.5.2. Determinar las distintas actividades del Departamento Técnico Agrícola.

A. Información general

El departamento técnico agrícola lo conforman cuatro laboratorios y una planta productora de rodenticida y trampas adhesivas, así como también el área de campo que es destinada a investigación. El Departamento Técnico Agrícola tiene a su cargo el manejo integrado de plagas, lo cual abarca las plagas del cultivo de caña de azúcar, entre las plagas que se controlan se encuentran:

1. Barrenador de tallo
2. Gallina ciega
3. Chinche salivosa
4. Rata de campo

La forma de manejo de estas plagas es muy distinta, y depende también de las edades o fases en las que se encuentre el cultivo de caña de azúcar. El departamento es responsable de la producción de parasitoides, hongos entomopatógenos, cebos para roedores, trampas adhesivas para chinches, y semilla vegetativa de caña de azúcar de alta calidad, libre de plagas y enfermedades.

B. Laboratorios

a. Laboratorio de Meristemas

Este laboratorio es el encargado de la micropropagación, lo cual consiste en una serie de técnicas que permiten establecimiento, conservación, manipulación y desarrollo en condiciones artificiales de tejidos vegetales. Esta es una propagación asexual o clonación *in vitro* ofreciendo beneficios como: homogeneidad genética, revigorización y sobre todo sanidad vegetal.

Para garantizar los beneficios anteriores, la primera fase es la selección de la planta madre con características fenotípicas y genotípicas específicas, cuidando su desarrollo bajo condiciones sanitarias para mejorar la eficiencia en el establecimiento y desarrollo de los cultivos, reduciendo riesgo de contaminación.

El inicio del cultivo *in vitro* consiste en la selección del explante (tejido vivo separado de su órgano) para establecer un cultivo libre de contaminantes e iniciar proceso de multiplicación (EcuRed, s.f.).

La fase de multiplicación garantiza la propagación de brotes masivos, siendo estos separados en condiciones estériles colocándose en frascos, posterior a ello se seleccionan los mejores e ingresan a un sistema de inmersión temporal (SIT), este se manipula cada tres hr de manera automática con presión por mangueras. Está programado para las 12, 3, 6, y 9 am y para las 12, 3, 6, y 9 pm. El aire entra y se dosifica; esto con el fin de generar presión y que el medio tenga movimiento.

Para el sistema de inmersión temporal se tienen tres medios: enraizamiento, multiplicación y establecimiento. En el medio de enraizamiento se mantienen hasta que se estimula la raíz, posterior a ello las plántulas ingresan al medio de multiplicación en donde tienen una estadía de 15 a 20 días. Después se ingresan al medio de establecimiento donde tienen una estadía de 40 días.

En el laboratorio de meristemas es utilizada la auxina ácido indolacético para promover el enraizamiento y ácido giberelico con 6-Bencilaminopurina para promover la longitud de las plantas. La 6-Bencilaminopurina es una citoquinina sintética de primera generación que provoca crecimiento de plantas, cuando las plantas consiguen una cantidad de hojas que nos indican el grado de desarrollo de la plántula adecuada, con un buen sistema radicular estarán listas para la fase de climatización.

La fase de climatización es para garantizar la sobrevivencia de las plantas al momento del trasplante, y el inicio del crecimiento *ex vitro*. En esta fase las plántulas son extraídas del medio gelificante donde se desarrollaron *in vitro*, y son seleccionadas por tamaño pequeño, mediano y grande. Posteriormente se prepara una mezcla de suelo, cachaza, peat moss y piedra poma para realizar el trasplante, bajo condiciones controladas en invernadero.

b. Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos y Antagonistas

Este laboratorio se dedica a producir organismos capaces de causar una patogénesis letal en insectos, estos hongos ingresan al insecto a través de la cutícula externa. El cultivo de caña de azúcar cuenta con distintas plagas, pero entre las de máxima importancia por su daño al follaje se encuentra la chinche salivosa (Homóptera: Cercopidae) *Aenolamia postica* y *Prosapia simulans* son las especies de importancia en dicho cultivo.

Al iniciar la época lluviosa es necesario mantener un control sobre ninfas y adultos de chinche salivosa para lo cual son necesarias las aplicaciones de hongo entomopatógeno, reduciendo el uso indiscriminado de agroquímicos para su control. Por ello se plantea la aplicación del hongo *Metarhizium anisopliae*, el cual tiene un umbral de acción para aplicaciones terrestres de 0.05 y 0.1 (Márquez, 2012).

El anterior es un ejemplo de aplicación de un hongo entomopatógeno controlando biológicamente a una plaga del cultivo de caña de azúcar. Sin embargo, esta plaga también puede ser controlada por el hongo *Paecylomyces lilacinus*.

Otro de los hongos mayoritarios dentro del laboratorio es *Beauveria bassiana* dado que este controla dos distintas plagas importantes para el cultivo de caña de azúcar: Barrenador del tallo y chinche de encaje. Para el manejo de plagas por medio de hongos, se debe tener cuidado en aspectos como la asepsia y condiciones del ambiente como luz, humedad, temperatura. El laboratorio de hongos entomopatógenos es básicamente destinado para producción de hongos.

c. Laboratorio de Producción de Parasitoides

El laboratorio produce principalmente *Cotesia flavipes* para la fase larval de una de las plagas más fuertes del cultivo de caña de azúcar el cual es barrenador del tallo *Diatraea crambidoides*.

Para la producción de este bio-controlador, se requiere inocuidad, dado que se manejan grandes cantidades de producción diaria. Para la inocuidad interna del sector, se requiere de protección de zapatos, pediluvio, y batas limpias facilitadas por el laboratorio. Los trabajadores dentro del laboratorio, se encuentran con mascarillas y protección personal para evitar contaminantes, así mismo, las paredes son constantemente desinfectadas con formol y sulfato de cobre al 10 %. Toda herramienta o artefacto utilizado dentro del laboratorio pasa un proceso de esterilización en una autoclave.

El correcto funcionamiento del laboratorio requiere tener siempre pie de cría, para que asegure la producción continua. En la obtención del bio-controlador, es necesario contar con el huésped específico en fase larval, por ello se mantiene un pie de cría tanto de bio-controlador como de *Diatraea crambidoides*.

Para la producción de *Diatraea crambidoides* se tiene una sala de posturas, con el fin primordial de la reproducción de adultos de barrenador, los cuales son llevados a cámaras de copula. Estas cámaras son un tubo pvc forradas internamente con papel mantequilla ingresándose a una cámara 20 hembras y 30 machos.

Todo el proceso de reproducción se da bajo condiciones oscuras, dado que el hábito de la fase adulta de *Diatraea* es nocturna, por ello los tubos son recubiertos por plástico; En el papel mantequilla quedan adheridos los huevecillos.

Estos huevecillos son extraídos del tubo, seleccionados y cortados, luego se colocan en cajas Petri de 5 a 6 días, en un rango de 22 a 30 °C. Luego de este tiempo emergen en larvas, las cuales son depositadas en vasos con dieta.

Las larvas emergidas, pasan un tiempo aproximado de 21 días en las salas de desarrollo. La dieta que se brinda a *Diatraea crambidoides* es balanceada, teniendo principalmente tres componentes: harina de maíz, germen de trigo y levadura. Aparte de estos contiene un agar, el cual actúa como medio gelificante y ácido abscísico como preservante.

En el laboratorio diariamente son parasitadas 7200 larvas, el éxito de parasitismo de *Cotesia flavipes* se toma de acuerdo a la emergencia de cocones los cuales son masa que contiene los puparios, estos son llevados a vasos con alimento, sellados y enviados a salas de desarrollo, emergiendo a los cuatro días.

Son colocados en vasos 2000 microavispa para posteriormente ser liberados en campo liberándose actualmente 10,000 microavispa por hectárea, es decir cinco vasos de *Cotesia flavipes*.

Durante la liberación de estos bio-controladores se debe tomar en cuenta la temperatura y humedad, horas frescas (de 4:00 p.m. a 6:00 a.m.) y sin lluvias próximas, para garantizar la efectividad del mismo.

d. Laboratorio de control de calidad e investigación

En este se tienen dos objetivos primordiales. En primera instancia, se verifica la calidad de eficiencia de trabajo de los laboratorios que conforman el departamento técnico agrícola. Por otro lado, es encargado de generar investigación en el ámbito de manejo integrado de plagas del cultivo de caña de azúcar.

Laboratorio de control de calidad se dedica al mantenimiento del pie de cría de los siguientes parasitoides: *Trichogramma* spp. El cual es un parasitoide destinado para huevecillos de *Diatraea crambidoides*, y *Aprostocetus esurus* es destinado para control de crisálidas de la misma plaga.

C. Actividades que se desarrollan en cada laboratorio como parte del control de calidad:

a. Laboratorio de Producción de Parasitoides

- i. Conteo de vasos para liberaciones.
- ii. Selección de crisálidas.
- iii. Porcentaje de parasitación con larvas de campo.
- iv. Parasitismo de liberaciones comerciales

b. Laboratorio de Hongos Entomopatógenos

- i. Concentración conidios por gramo.
- ii. Pruebas de parasitismo.
- iii. Viabilidades.
- iv. Dosis letales.
- v. Tiempo letal.

c. Unidad de huevos de chinche salivosa

- i. Análisis de suelo para la determinación de huevos fértiles de chinche salivosa *Aenolamia postica*.

D. Líneas de investigación en el manejo integrado de plagas en caña de azúcar:

a. Lograr eficiencia en el uso de los parasitoides en control de *Diatraea crambidoides*.

- i. Dosis óptima de liberación de parasitoides.
- ii. Cantidad de puntos de liberación de parasitoides.
- iii. Tiempo de sobrevivencia de parasitoides.

E. Controlar poblaciones de roedor *Sigmodon hispidus* de manera más efectiva.

- a. Determinación de tasa de potencia de rodenticidas.
- b. Formulación de cebos vegetales para sustitución de rodenticidas químicos.

F. Control de *Diatraea cramboides* para reducción de infestación.

- a. Evaluación de feromonas sexuales para atracción de machos en campo.
- b. Formulación de dietas a nivel de laboratorio, para larvas de campo.
- c. Evaluación de dosis de agroquímicos en control de *Diatraea*.

G. Control de *Aeneolamia postica* para un manejo eficiente.

- a. Evaluación de dosis de agroquímicos en control de chinche salivosa.
- b. Determinación de mortalidad de huevos diapáusicos en función de humedad del suelo y temperatura del ambiente.

H. Productividad de la caña de azúcar.

- a. Evaluación de dosis de hongo *Trichoderma harzianum* y su efecto en la productividad de la caña de azúcar.
- b. Evaluación de horas de siembra a partir de un mismo horario de corte para mejorar la emergencia en caña de azúcar.

I. Planta de producción de cebos para roedores y trampas adhesivas para chinche salivosa

Los roedores que afectan al cultivo de caña de azúcar son *Sigmodon hispidus* (Rodentia: Crecetidae) siendo esta la especie dominante de roedores en áreas cañeras, con una amplia distribución en todo el sector cañero de Guatemala. Esta especie necesita un control, debido a que sus poblaciones se incrementan considerablemente por su alta capacidad reproductiva, tomando en cuenta también su rápida madurez sexual. El periodo de gestación es relativamente corto, requiriendo 27 días para una camada de cinco a 12 roedores.

La planta se dedica a la producción masiva de cebos para control de roedores y la producción de trampas adhesivas de chinche salivosa, esta plaga afecta directamente al follaje del cultivo de caña de azúcar, existiendo diversas técnicas de control disponibles: químico, físico, biológico. En este caso la producción de trampas adhesivas es para la fase de adultos de chinche salivosa, estas trampas tienen un tamaño de 0.8 x 0.6 m las cuales son impregnadas con pegamento “stickem” para retener a los insectos. Tienen una coloración verde para atraer la plaga.

1.5.3. Conocer los principales problemas que conlleva el control y manejo de plagas.

A. Procesamiento de información

El manejo integrado de plagas en campo debe ser verificada para garantizar su eficiencia, por lo cual existen labores dedicadas al muestreo para análisis de la densidad poblacional o daño ocasionado de acuerdo a la plaga, entre los indicadores para verificación de la eficiencia se cuenta: porcentaje de parasitismo en campo, intensidad de infestación, densidad de individuos por área, toneladas de azúcar por hectárea, toneladas de caña por hectárea, porcentaje de infestación. Estos datos son evaluados por medio de una data Excel, verificando el récord de cada lote y cada finca a través de los años, con el cual se toman medidas de acción inmediata o de prevención de acuerdo a la dinámica poblacional.

La situación que presenta mayor gravedad en el departamento técnico agrícola, trata de la densidad de individuos a emplear durante el proceso de liberación en campo de *Cotesia flavipes*, Actualmente se hacen liberaciones de 10,000 individuos/ha, alcanzando porcentajes bajos de parasitación en campo. Se desconoce si densidades menores alcanzan la misma eficiencia, o si densidades mayores alcanzan una mejor parasitación.

B. Investigaciones planteadas para resolver problemáticas principales

- a. Determinación de tasa de potencia de rodenticidas para control de *Sigmodon hispidus*.
- b. Evaluación de feromonas sexuales para atracción de machos de *Diatraea crambidoides* en campo.
- c. Formulación de dietas a nivel de laboratorio, para larvas de campo *Diatraea crambidoides*.
- d. Determinación de mortalidad de huevos diapáusicos de *Aeneolamia postica* en función de humedad del suelo y temperatura del ambiente.

Las investigaciones anteriores fueron seleccionadas debido a la importancia que implican dentro del departamento técnico agrícola, abarcando investigación científica en función de las plagas más importantes de la caña de azúcar siendo estas: “rata cañera” *Sigmodon hispidus*, “barrenador del tallo de la caña de azúcar” *Diatraea crambidoides*, y “chinche salivosa” *Aeneolamia postica*. Estas tres plagas atacan épocas específicas, pero que a largo plazo afectan la productividad del Ingenio, en el caso de chinche salivosa, su época de ataque es en época lluviosa, sin embargo, los huevos diapáusicos son depositados y resguardados en época seca, siendo el momento de control en esta época, para que a largo plazo reduzca la población y se mantenga la productividad.

1.6. CONCLUSIONES

1. La estructura del Departamento Técnico Agrícola está dada por el jefe del departamento, coordinador de laboratorios, jefe de sección. Los cuales están a cargo de los jefes de laboratorios y su equipo de trabajo que incluye evaluadores y técnicos de campo.
2. La máxima prioridad del departamento técnico agrícola es la generación de nuevas opciones para el control de las plagas: barrenador del tallo, chinche salivosa y rata cañera; Por ello el departamento técnico agrícola se encarga de generar investigación en el ámbito del manejo integrado de plagas para la optimización de los recursos.
3. El Departamento Técnico Agrícola prioriza la investigación basada en manejo integrado de plagas, para la óptima reducción de químicos, por ello los parasitoides son una alternativa buena económicamente y ambientalmente para el control de las plagas más fuertes del cultivo de caña de azúcar.

1.7. RECOMENDACIONES

Evaluar un manejo integrado de *Diatraea crambidoides* buscando nuevas alternativas ecológicas, evitando recurrir a los agroquímicos.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala). 2017. Evolución de la agroindustria azucarera de Guatemala: Historia del azúcar en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 05 ago. 2019. Disponible en <https://www.azucar.com.gt/historia/>
2. Castillo, I. 2018. Llanura costera del Pacífico: Hidrología, clima, flora, fauna (en línea). Lifeder. Consultado 25 ago. 2019. Disponible en <https://www.lifeder.com/llanura-costera-pacifico/>
3. Chupina de León, AM. 2015. Susceptibilidad a la licuefacción en la planicie costera del Pacífico de Guatemala. Tesis Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 186 p.
4. Grupo Corporativo Santa Ana, Guatemala. 2014. Descripción general de Grupo Corporativo Santa Ana (en línea). Guatemala. Consultado 18 dic. 2019. Disponible en <https://www.santaana.com.gt/web/guest/calidad>
5. Harmeling, S. 2011. Global climate risk index 2012 (en línea). Alemania. p. 28 Consultado 05 ago. 2019. Disponible en <https://germanwatch.org/es/3667>
6. Márquez, JM. 2012. El manejo integrado de plagas. *In* Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espnoza, R (eds.). El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala (en línea). Guatemala, Artemis Edinter. 526 p. Consultado 22 ago. 2019. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
7. Márquez, JM; López, E. 2002. Nivel de daño económico para las plagas de importancia en caña de azúcar y su estimación con base en un programa diseñado por CENGICAÑA. *In* Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2005-2006. Guatemala, CENGICAÑA. p. 194-200.
8. PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Guatemala). 2013. Enfoque de la vulnerabilidad a la resiliencia y al desarrollo humano (en línea). Guatemala. Consultado 12 set. 2019. Disponible en http://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/ourwork/environmentandene rgy/in_depth.html
9. Weather Spark. 2017. El clima promedio en Escuintla, Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 16 set. 2019. Disponible en <https://es.weatherspark.com/y/11685/Clima-promedio-en-Escuintla-Guatemala- durante-todo-el-a%C3%B1o>



The seal is circular with a grey border. Inside, the Latin text "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CATHEDRAE" is written in a circular path. The central image depicts a figure in a red and white robe, possibly a saint or scholar, standing on a white horse. Above the figure are two golden castles, a golden lion rampant, and a golden papal tiara with crossed keys. The background is a light blue sky over green hills.

CAPÍTULO II: DENSIDADES POBLACIONALES DEL PARASITOIDE *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR *Diatraea crambidoides* (Lepidoptera: Crambidae), BAJO CONDICIONES SEMI CONTROLADAS, INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA.

2.1. PRESENTACIÓN

El cultivo de caña de azúcar toma inicio en Guatemala en el siglo XVI, documentando el primer Ingenio a nivel nacional en el año 1591. La industria azucarera en Guatemala genera 63,000 empleos directos y alrededor de 315,000 indirectos para el año 2017, obteniendo divisas que superan los mil millones de dólares anuales (ASAZGUA, 2017).

Según Harmeling (2011), Guatemala se encuentra en el puesto número diez a nivel mundial, de los países más afectados por el cambio climático, teniendo junto a otros ocho países a más del 70 % de la biodiversidad existente del planeta, lo cual hace a Guatemala un país megadiverso (PNUD, 2013). Es por eso que, en base a esta preocupación, en el año 2014 la Asociación de Azucareros de Guatemala crea una nueva política de gestión ambiental, con el fin de mejorar los procesos de certificación y acceso a mercados, buscando la sostenibilidad ambiental de las empresas.

En Grupo Corporativo Santa Ana, integran el cuidado del medio ambiente, estando comprometidos con la prevención, reducción, control y mitigación de impactos ambientales (Santa Ana, 2014). Siendo el departamento técnico agrícola el encargado del manejo integrado de plagas. El control de plagas por medio de organismos entomófagos, intenta reestablecer el equilibrio ecológico. Una de las plagas más importantes del cultivo de caña de azúcar es el barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*) su daño es en etapa larval, sin embargo, el control se realiza en las distintas etapas del ciclo biológico, cada etapa con su parasitoide específico siendo estos los siguientes: Huevos por *Trichogramma* spp., larvas por *Cotesia flavipes* y pupas por *Aprostocetus esurus*.

Como efecto de la infestación de barrenador del tallo en el cultivo de caña de azúcar, de acuerdo a CENGICAÑA (2017) por cada 1 % de entrenudo dañados condiciona a una pérdida de 32.4 kg de azúcar/ha.

El éxito del parasitoidismo de *Cotesia flavipes* en el control biológico de la caña de azúcar depende de la temperatura y humedad relativa como factores abióticos, y como factores bióticos se encuentra la edad del hospedero. Este parasitoide coloca sus huevos en el hemocele de la larva, y es capaz de modificar la fisiología de la misma, con el único fin de lograr la sobrevivencia de su progenie, la familia Braconidae ha presentado inmunosupresión por medio de factores como polidnavirus (PDV), proteínas de ovario, veneno (Shelby & Webb, 1999). Actualmente en grupo corporativo Santa Ana, se utiliza el control biológico por medio del parasitoide *Cotesia flavipes* a una densidad de 10 mil parasitoides/ha, utilizándose vasos de liberación con 2,000 parasitoides.

La presente investigación tuvo como objeto de estudio la evaluación de la liberación de densidades 0, 10, 20 y 40 mil parasitoides/ha de *Cotesia flavipes*, causando un efecto supresor en la plaga de barrenador de la caña de azúcar. La evaluación se realizó en ocho jaulas con área de 150 m², divididas en dos generando 16 unidades experimentales de 75 m². Al realizar liberaciones del parasitoide bajo condiciones semi controladas, se esperó una reducción del porcentaje de intensidad de infestación causado por barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*) y por medio de los tratamientos destinados, identificar aquella densidad de parasitoides que minimice las poblaciones de larvas de *D. crambidoides* y sea la más rentable para hacer su aplicación a mayor escala.

El tratamiento con mayor porcentaje de parasitoidismo (16.88 %) fue el tratamiento de 40 mil parasitoides por hectárea de *Cotesia flavipes* siendo este mismo tratamiento el que presentó el menor porcentaje de intensidad de infestación de *Diatraea crambidoides* (0.69 %).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco Conceptual

A. Descripción de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta que pertenece al género *Saccharum*, el cual es miembro de la tribu Andropogonae, de la familia Poaceae. Esta gramínea se caracteriza por desarrollar un sistema vegetativo subterráneo del cual nace un gran número de tallos (Melgar, y otros, 2014).

Según CENGICAÑA, (1994) la morfología de la caña de azúcar es:

- a. Raíz: se presenta de dos formas:
 - i. Los primordios radicales que viven entre 30 a 40 días.
 - ii. Las raíces permanentes las cuales brotan de los tallos que se forman a partir de los esquejes.

- b. Tallo: ésta es la parte de importancia económica en el cultivo, pues es donde almacena sacarosa, presentando de 10 a 18 tallos por metro lineal. El tallo se compone de nudos y entrenudos en donde se localizan las yemas.

c. Hojas: se distribuyen de forma alterna en el tallo, está formada por la lámina foliar y la vaina, unidas por un cuello en donde se ubica la lígula.

d. Inflorescencia: es en forma de panícula espigada, la cual se constituye de un eje principal en donde se encuentran las espiguillas insertadas en parejas por cada articulación.

B. Variedades de caña de azúcar

En el año 2017, como objetivo de calidad del sistema de Gestión de calidad ISO 9001- 2008 de CENGICAÑA era seleccionar dos variedades para uso comercial en las condiciones de clima, suelo, y manejo de la zona cañera de Guatemala. La variedad CG04-10295 fue sometida a evaluación, en donde se determinó reacción a enfermedades, productividad de azúcar, manejo de variedades 6 presentados en el cuadro uno y dos. Además de estos criterios de selección, también fue evaluado el índice económico de las variedades establecido como el beneficio neto (BN) expresado en dólares americanos por hectárea. Esta evaluación fue realizada en plantía, primera y segunda soca, con madurante.

Los resultados para el rendimiento con madurante se presentan en el Cuadro 1, con un beneficio neto de US\$.380.00/ha únicamente para la variedad CG04-10295 (Melgar et al., 2017).

Las características de manejo de la variedad CG04-10295 se presentan en el Cuadro 2, con un 12.1 % de fibra, teniendo alta penetración de barrenador del tallo por su falta de firmeza en su barrera física.

Cuadro 1. Productividad de azúcar de variedad CG04-10295 con madurante en estrato bajo.

VARIEDAD	Rendimiento de azúcar con madurante											
	Plantía			1 soca			2 socas			Media 3 cortes		
	Datos campo			Datos campo			Datos campo			Datos campo		
	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH	TAH	Pol%	TCH
CG04-10295	17	14.7	116	17	14.7	116	14.3	13.1	109	16.1	14.1	113

Fuente: Melgar et al., 2017.

Obs: Abreviaturas: "TAH" Toneladas de azúcar por hectárea; "Pol%" porcentaje de sacarosa del jugo; "TCH" Toneladas de caña por hectárea.

Cuadro 2. Características de manejo de la variedad CG04-10295 en estrato bajo de caña de azúcar.

VARIEDAD	Características de manejo				
	Aspecto	Porcentaje flor menor a 30 % tardía	Porcentaje pureza de jugo	Porcentaje fibra	Toneladas de fibra por hectárea
CG04-10295	2.63	5	82	12.1	13.7

Fuente: Melgar et al., 2017.

Badilla (2002), señala que existen variedades que son más susceptibles a la plaga del barrenador del tallo de la caña de azúcar, y otras demuestran mayor tolerancia, destacando que las variedades con mayor daño poseen los menores porcentajes de fibra, demostrando que el contenido de fibra funciona como una barrera física en la penetración del barrenador del tallo.

C. Manejo integrado de plagas

El control de insectos plaga había sido integral, hasta que se inició con el uso excesivo de agroquímicos, creyendo que controlarían las plagas en su totalidad. Los insecticidas orgánicos sintéticos no fueron capaces de controlar las plagas por sí mismos, creando problemas toxicológicos, generando resultados en el siglo XX donde el hombre no pudo controlar las plagas de manera correcta (Romero, 2004).

El manejo integrado de plagas fue definido por un panel de expertos de la FAO como un sistema que utiliza técnicas variadas manteniendo las plagas a niveles más bajos de los que pueden causar un daño económico (Larios *et al.*, 2004). El MIP regula las plagas utilizando todas las técnicas de control existentes basándose en análisis de beneficio-costos y principios ecológicos. El manejo integrado de plagas, busca básicamente la bioeconomía, que no sólo es la reducción de gastos innecesarios, si no también es la producción, reducción y conservación de los recursos biológicos (Global Bioeconomy Summit, 2018).

a. Nivel de daño económico

Definido como: rendimiento del cultivo exactamente igual al costo del control de la plaga.

D. Plagas del cultivo de caña de azúcar

Las plagas en el cultivo de caña de azúcar causan pérdidas significativas, generando daños indirectos o directos dentro de la plantación (FAO, 2020).

En la industria cañera de Guatemala existen tres plagas que afectan directamente el rendimiento del cultivo, entre ellas se encuentran: barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*), chinche salivosa (*Aeneolamia postica* y *A. varia*) y rata cañera (*Sigmodon hispidus*) (INTAGRI, 2016).

En el Cuadro 3 se observa valores de pérdida, índice de daño y umbral económico para las principales plagas de la caña de azúcar generado por el programa MIP-CENGICAÑA en colaboración con el Comité de Manejo Integrado de Plagas (CAÑAMIP).

Cuadro 3. Factor de pérdida e índice de daño estimado para las principales plagas de Guatemala en el cultivo de caña de azúcar.

Plaga	Factor de pérdida	Índice de daño	Umbral económico
Chinche salivosa	8.21 t de caña por hectárea por un adulto por tallo 5.83 kg de azúcar por un adulto por tallo.	1,465 kg de azúcar por un adulto por tallo.	0.05 a 0.10 ninfas y adultos por tallo.
Gallina ciega	0.62 t de caña por hectárea por larva por metro cuadrado.	70.9 kg de azúcar por hectárea por una larva por metro cuadrado.	10 larvas por metro cuadrado.
Rata de campo	0.5 t de caña por hectárea por cada 1 % de infestación 2.19 kg de azúcar por cada 1 % de intensidad de infestación.	65 kg de azúcar por cada 1 % de intensidad de infestación.	6 % de tallos dañados.

Continuación cuadro 3.

Barrenador del tallo	0.36 kg de azúcar por cada 1 % de intensidad de infestación.	32.4 kg de azúcar por cada 1 % de intensidad de infestación.	7 % de intensidad de infestación.
Chinche hedionda	0.053 t de caña por hectárea por insecto por metro cuadrado.	6.09 kg de azúcar por hectárea por insecto por metro cuadrado.	100 insectos por metro cuadrado.

Fuente: Márquez, 2015.

a. Barrenador del tallo de la caña de azúcar

Las especies del género *Diatraea* (Lepidoptera: Pyralidae) son las de mayor importancia económica y mayor distribución geográfica en Guatemala (Márquez, 2015). El género *Diatraea* coloca huevos agregados en posturas, los cuales tardan de cinco a seis días para eclosionar. En la Figura 4 se presenta el período de desarrollo el cual es de 33 a 43 días.

La fase de pupa requiere de 8 a 10 días, luego de ello emergen a adultos. Los adultos tienen un promedio de vida de tres a cuatro días. La diferencia entre dos especies de *Diatraea* es muy básico la mayoría de veces, *Diatraea crambidoides* se diferencia de *Diatraea saccharalis* por el tubérculo mesotorácico dorsal, dado que *Diatraea crambidoides* lo tiene en forma de "B" alargada esta diferencia puede ser apreciada en la Figura 5.



Fuente: Márquez 2015.

Figura 4. Ciclo biológico de *Diatraea crambidoides*. A: Posturas de huevos. B: Emergencia de larvas. C: Larva.



Fuente: Márquez, 2015.

Figura 5. Tubérculo meso torácico dorsal en forma de “B” alargada en *D. crambidoides*

Las larvas pasan por seis instares de los cuales solo el primero ocurre sobre las hojas y los demás ocurren dentro del tallo después de ser barrenado (SAGARPA, 2011).

Los hábitos del barrenador del tallo de la caña de azúcar son nocturnos con un tamaño variable de 2 cm a 4 cm, las hembras ponen de 50 a 60 huevecillos durante su vida colocando las posturas de huevos en el haz o envés de las hojas y en algunos casos adheridas al tallo, estos huevecillos son color blanco lechoso de un mm de diámetro.

Las larvas emergen y se alimentan en el cogollo, posteriormente descienden a las axilas de las hojas e inicia el daño directo en el tallo de la caña de azúcar, completando su desarrollo larval dentro de la galería formada en el tallo. Cuando atacan los brotes jóvenes pueden llevar a la muerte la yema apical lo cual se observa en la figura seis, conocido como “corazón muerto” (CINCAE, 2013).



Fuente: CENGICAÑA COLOMBIA, 2015.

Figura 6. Síntoma de corazón muerto en edad temprana de la caña, por infestación de barrenador del tallo.

i. Clasificación taxonómica de barrenador del tallo

La distribución de las especies de *Diatraea* confirma la importancia a nivel mundial, siendo la principal plaga en el cultivo de caña de azúcar y otras gramíneas, razón por la cual se ha estudiado a detalle cada una de sus especies, siendo en Guatemala la especie dominante *Diatraea crambidoides*, su clasificación taxonómica se presenta a continuación:

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Crambidae

Género: *Diatraea*

Especies: *Diatraea crambidoides* (Michigan University, 2014).

ii. Daños que ocasiona el barrenador del tallo

Rodríguez (2011) señala que el daño inicia en la fase larval; Si la larva perfora en una yema que se empleará como semilla, está ya no germinará. Cuando las larvas atacan caña de edad temprana, la destrucción es total y da lugar al corazón muerto.

La larva efectúa galerías dentro del tallo generando efectos tales como acidificación de jugos, pérdida del contenido de sacarosa, oscurecimiento del azúcar final, disminución de rendimiento general, afectando a la industria azucarera de manera directa. De manera indirecta vuelca los tallos por el daño causado en el interior de los mismos (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, s.f.).

Otro de los daños perjudiciales que ocasiona se relaciona directamente con la propagación de enfermedades que penetran por los orificios causados por el barrenador del tallo, una de estas enfermedades es el hongo causante de la pudrición roja (*Physalospora tucumanensis*) el cual produce fermentaciones que deterioran la calidad del producto final de la industria azucarera (Rodríguez, 2011).

En el cuadro cuatro se clasifica la intensidad de infestación por barrenador del tallo en escala de baja a grave según Rodríguez (2011).

Cuadro 4. Grado de infestación en base al muestreo de cogollos o corazones muertos.

Porcentaje intensidad (Daño)	Escala de calificación
0 a 5	Baja
6 a 10	Moderada
11 a 15	Media
16 a 25	Severa
Mayor a 25	Grave

Fuente: Rodríguez, 2011.

Los adultos de barrenador pueden ser monitoreados por medio del uso de trampas con hembras vírgenes o con feromonas sexuales, estos permanecen ocultos durante el día, realizando mimetismo ocultándose sobre el envés de las hojas secas de la caña de azúcar, siendo activos solo durante la noche (SAGARPA, 2011).

E. Parasitoides un recurso para el manejo integrado de plagas

En el control biológico merecen mayor énfasis las hembras, por su capacidad de búsqueda y parasitoidismo de hospederos. Para la eficiencia de un parasitoide, debe estar sincronizado con su hospedero en tiempo y espacio, el cual debe estar en el ínstar adecuado para su parasitoidismo. Esa sincronización puede verse afectada por varios factores, como por ejemplo el efecto de los plaguicidas (Bernal, 2007).

Los parasitoides utilizan sus órganos sensoriales de vista, olfato y tacto para localizar a los hospederos, los cuales cobran mucha importancia guiándose por trazas o residuos, material fecal, aserrín, entre otros (Larios *et al.*, 2004). El parasitoide empieza a palpar al hospedero por medio de sus antenas, para posteriormente iniciar el parasitoidismo en el punto exacto perforando y depositando el huevo, por lo general las hembras marcan los hospederos que fueron parasitados por medio de secreciones para que ninguna hembra se enfoque en el mismo hospedero (Larios *et al.*, 2004).

a. Parasitoide *Cotesia flavipes*

Es un parasitoide destinado específicamente para fase larval. *Cotesia flavipes* ha sido utilizado en controles biológicos para cultivos de importancia económica como caña de azúcar, arroz, sorgo y maíz (Biocol, Biológicos de Colombia, s.f.).

El propósito de la liberación del parasitoide es incorporar enemigos naturales que ayuden a regular al barrenador del tallo de la caña de azúcar *Diatraea* spp. Este parasitoide abunda en climas húmedos y cálidos, por tal razón ha presentado un exitoso manejo en el cultivo de la caña de azúcar (Agroactivo, s.f.).

Tiene una longitud de dos mm, cuerpo negro y patas amarillas castaño pálido, antenas situadas entre los ojos compuestos (Carballo, 2002).

i. Clasificación taxonómica de *Cotesia flavipes*

Cotesia es un género de avispas con algunas especies catalogadas como controladoras biológicas de larvas consideradas plaga en ciertos cultivos, como tal es el caso del cultivo de caña de azúcar, con la plaga *Diatraea crambidoides*, la cual ha sido efectiva bajo el control de *Cotesia flavipes*. A continuación, se presenta la clasificación taxonómica de *Cotesia flavipes*.

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Familia: Braconidae

Género: *Cotesia*

Especies: *Cotesia flavipes* (Hanson, 2006).

ii. **Biología de *Cotesia flavipes***

El éxito del parasitoidismo depende de la temperatura y humedad relativa, y como factores bióticos se encuentra la edad del hospedero. Este parasitoide coloca sus huevos en el hemocele de la larva, y es capaz de modificar la fisiología de la misma, con el único fin de lograr la sobrevivencia de su progenie, por ello selecciona larvas en los últimos instares (cuatro y cinco) (Agroactivo, s.f.). Esta determinado como un endoparasitoide dado que se ubica y se alimenta dentro del hospedero. Según Cueva *et al.*, (1980) *Cotesia flavipes* tiene reproducción bisexual y apareamiento polígamo, siendo el macho más precoz que la hembra.

En la Figura 7 se diferencia el macho de la hembra por diferentes características como las antenas las cuales son más largas en el macho, siendo los machos más reducidos de tamaño que las hembras y la forma abdominal fusiforme del último segmento en las hembras. Las avispas buscan a su hospedero por medio de las antenas, sintiéndose atraídas por la fermentación de los tejidos dañados (Astola Narrea, 2019).

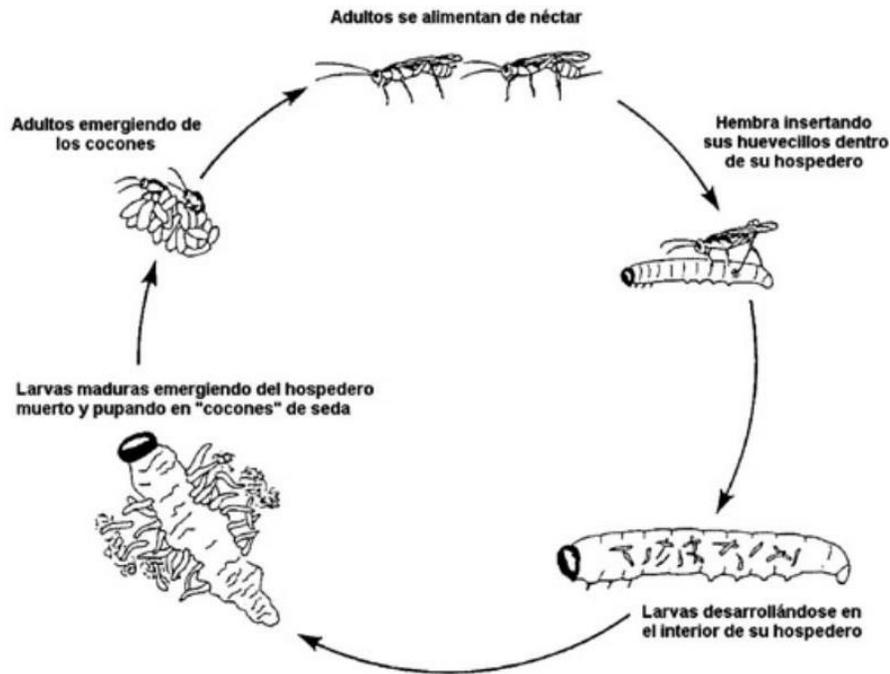


Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 7. Diferenciación de sexo en avispas de *C. flavipes*. A: macho con antenas de mayor número de segmentos. B: hembra.

iii. Ciclo de vida de *Cotesia flavipes*

Desde huevo hasta emergencia de adulto oscila entre 17 a 20 días. El proceso de parasitoidismo se observa en la figura ocho y el mismo dependerá de las condiciones ambientales, edad del hospedero y capacidad de búsqueda del parasitoide (Agroactivo, s.f.).



Fuente: Carballo, 2002.

Figura 8. Ciclo de vida de un parasitoide larval.

La duración en días para las distintas fases del parasitoide son las siguientes:

Huevo: 3.2 días

Larva: 9.5 días

Pupa: 5.5 días

Adulto: 2.3 días (Agroactivo, s.f.).

iv. Comportamiento de *Cotesia flavipes*

Su emergencia a fase adulta es masticando el cocón por un extremo, emergiendo primero la cabeza y posteriormente las patas anteriores. En cuanto a su reproducción, presenta reproducción sexual (produce hembras y machos) y partenogénica tipo arrenotoquia (sólo produce machos).

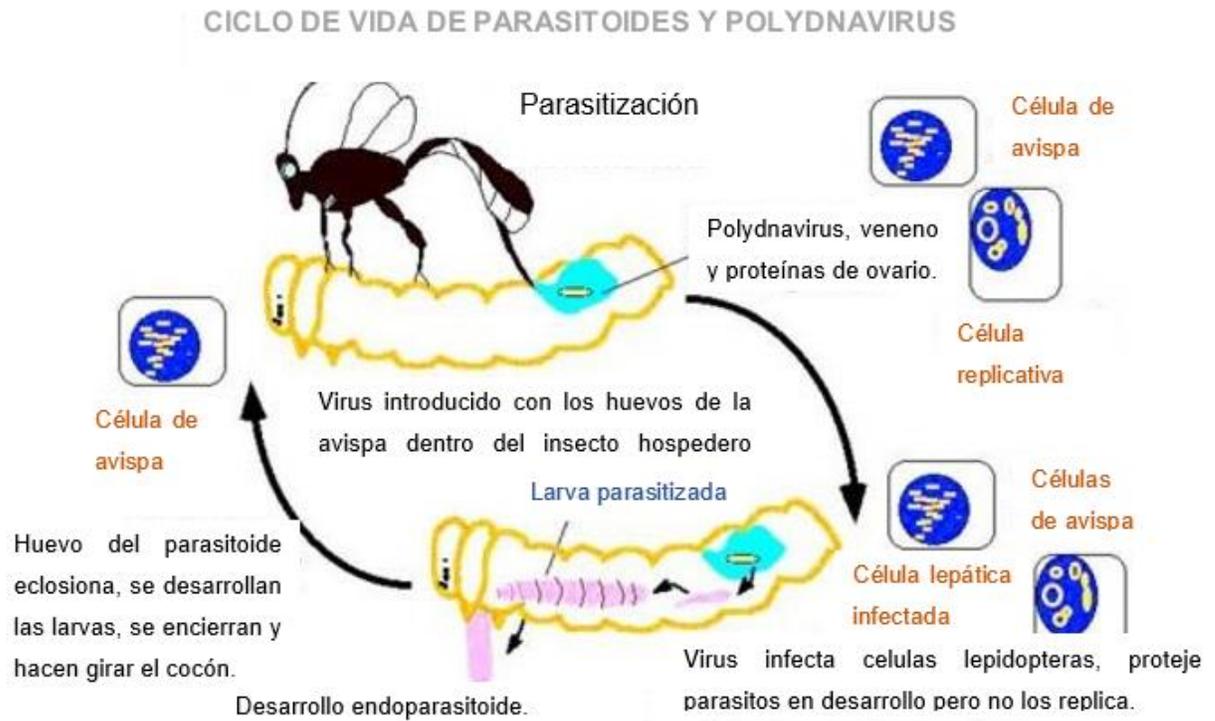
Inmediatamente de emergido el macho inicia su comportamiento de apareamiento, extendiendo sus alas y moviéndolas rápidamente sin volar, acercándose a la hembra por detrás (Astola y Narrea, 2019).

Las hembras de *Cotesia flavipes* colocan sus huevos en las larvas de *Diatraea* en los últimos segmentos abdominales, las larvas de *Diatraea* reaccionan en defensa, vomitando un líquido el cual inmoviliza temporalmente al parasitoide o bien mordiendo al parasitoide evitando el parasitoidismo de esta manera (Astola y Narrea, 2019).

v. Parasitoidismo de *Cotesia flavipes*

Esta parasitización se lleva a cabo disminuyendo el sistema inmune de *Diatraea*, con el fin de proteger su progenie, enfocando todos los nutrientes del hospedero para el desarrollo óptimo de los parasitoides. La familia Braconidae ha presentado inmunosupresión por medio de factores como polidnavirus (PDV), proteínas de ovario, veneno (Shelby & Webb, 1999).

Los PDV's se replican en los ovarios de las hembras, en un hospedero se inyectan huevos y viriones por parte de la hembra *Cotesia flavipes*, afectando el sistema inmune celular del hospedero observado en la Figura 9. (Shelby y Webb, 1999).



Fuente: Tomado de Shelby y Webb, 1999.

Figura 9. Ciclo vital del parasitoide y su polidnavirus.

vi. Radio de dispersión de *Cotesia flavipes*

Mediante la determinación de porcentaje de parasitoidismo, se determinó que *Cotesia flavipes* tiene un radio de acción de 90 m lo cual se presenta en el cuadro cinco, desde el punto de liberación en condiciones de cinco meses de edad del cultivo (Ortiz, 2009).

Cuadro 5. Porcentaje promedio de parasitoidismo observado en distancias evaluadas, finca Palo Gordo, San Antonio Suchitepéquez.

Distancia en metros	Porcentaje de parasitoidismo
0	0.00
10	62.50
20	34.37
30	22.92
40	18.75
50	8.33
60	8.33
70	3.13
90	2.5
100	0.00

Fuente: Ortiz, 2009.

F. Investigaciones previas en el control biológico con *Cotesia flavipes*

a. Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica

Badilla (2002) “Se presentan los resultados de 12 años (1984 -1995) de investigación sobre manejo de los principales insectos plaga de la caña de azúcar, realizadas por el Programa de Entomología de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar” (DIECA). El estudio se realizó en 5 regiones cañeras, se evaluó infestación e intensidad de infestación para determinar el daño del barrenador del tallo en caña con entrenudos, en caña sin entrenudos se evaluó número de corazones muertos.

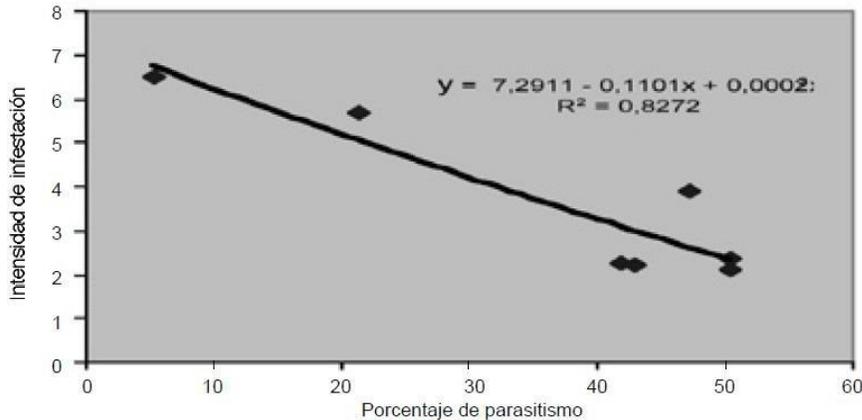
Para cada caso se tomó 5 m lineales, durante el muestreo se colectaron larvas y parasitoides para poder determinar el porcentaje de parasitoidismo natural de cada región. Se determinaron las regiones con el nivel de daño más alto para iniciar con la liberación de parasitoides producidos en laboratorio. Para evaluar se presenta en el cuadro seis la eficiencia de este parasitoide estudiando la correlación entre el parasitoidismo obtenido en campo y el nivel de daño ocasionado por la plaga valorado por los parámetros infestación e intensidad de infestación durante seis años.

Cuadro 6. Infestación e intensidad de infestación de *D. tabarnella* y porcentaje de parasitoidismo por *Cotesia flavipes* entre 1985 y 1991.

Año	Infestación	Intensidad de infestación	Parasitoidismo (%)
1985	48.13	6.5	5.2
1986	39.3	5.7	21.3
1987	19.1	2.14	50.4
1988	33.20	3.91	47.3
1989	23.4	2.24	42.8
1990	25.5	2.25	41.9
1991	27.7	2.36	50.4

Fuente: Badilla, 2002.

Se encontró una correlación negativa ($r=-0.91$) entre el parasitoidismo y la intensidad de infestación y entre el parasitoidismo y la infestación ($r= -0.89$). El modelo que mejor explica los resultados de intensidad de infestación fue el cuadrático ($R^2 = 0.8272$) presentado en la Figura 10.



Fuente: Badilla, 2002.

Figura 10. Correlación entre el porcentaje de parasitoidismo y la intensidad de infestación entre 1985 y 1991.

A medida que se incrementó el porcentaje de control por *C. flavipes* se disminuyó el porcentaje de entrenudos perforados, lo cual demuestra que ese parasitoide fue el responsable de la disminución de los daños de *D. tabernella* (Badilla, 2002). Los resultados de este estudio demostraron la eficiencia del control biológico utilizando este parasitoide. En el cuadro siete se presenta el programa de control biológico de *Diatraea* que presenta 12 años de programa, estimando que se obtuvo una recuperación de US\$ 2,055,519.60 en las 10737.5 ha donde fue desarrollado el programa con una relación beneficio costo de 1:7.

Cuadro 7. Relación beneficio-costo del programa de control biológico de *D. tabarnella* entre 1985 y 1989.

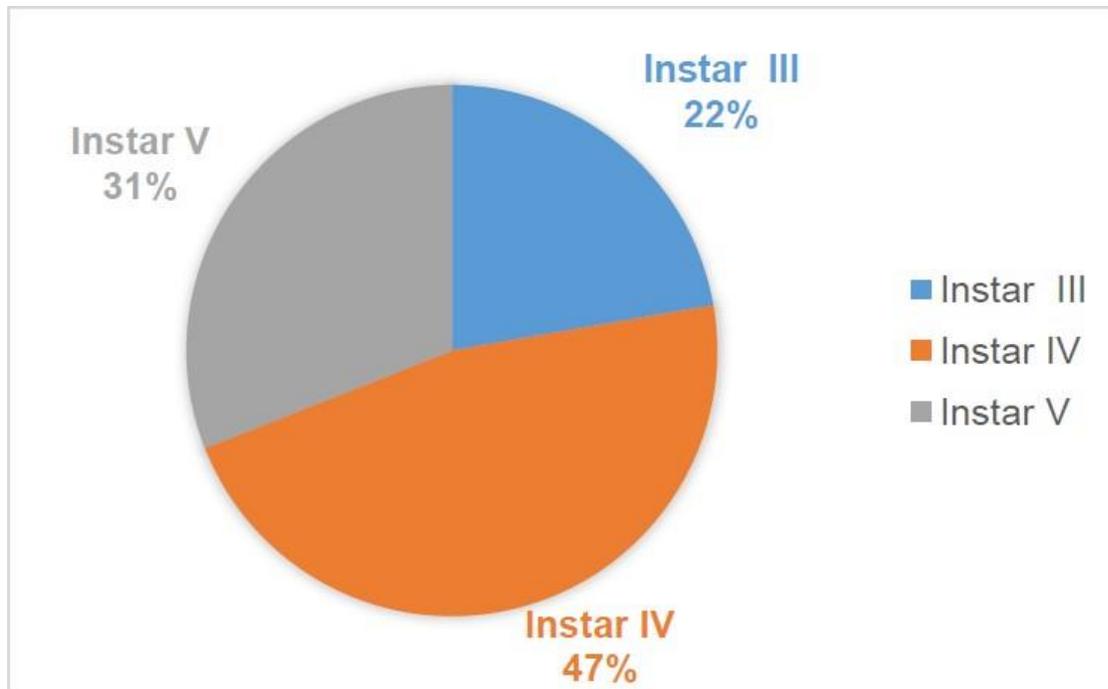
Año	Hectárea (ha)	T/ha	Infestación	Intensidad infestación	Pérdida US \$/ha
1985	717	179	48.3	6.5	109.3
1986	720	178	39.3	5.7	100.4
1987	758	154	19.2	2.2	97.4
1988	709	157	13.5	3.9	107.9
1989	641	165	23.5	2.2	122.5

Fuente: Badilla, 2002.

b. Preferencia de parasitoidismo de *Cotesia flavipes* sobre diferentes instares de *Diatraea crambidoides*

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la preferencia de parasitoidismo de *Cotesia flavipes* sobre distintos instares de *Diatraea crambidoides* para un mayor porcentaje de parasitoidismo en campo. Se obtuvieron pupas de *Cotesia flavipes* producidas en laboratorio de Ingenio Santa Ana, posterior a la emergencia a adultos, se esperó 36 horas para garantizar que los adultos emergidos se aparearan. Las larvas utilizadas en esta investigación fueron obtenidas por medio de labor de Entresaque, estas larvas fueron alimentadas con caña de azúcar. Los tratamientos fueron los siguientes: larvas de los instares III, IV y V, cada unidad experimental consistió de 75 larvas realizando cinco repeticiones.

Los tres instares estipulados fueron colocados a una distancia de 10 cm y en el centro se liberó una hembra de *Cotesia flavipes* esperando su preferencia de parasitoidismo con un tiempo de espera máximo de 20 minutos. Para la cuantificación de parasitoidismo se utilizaron larvas con parasitoidismo confirmado/ Larvas total) x 100 (Pec, 2015). Como resultado final en la Figura 11 se obtuvo que la preferencia de parasitoidismo fue para el instar IV.

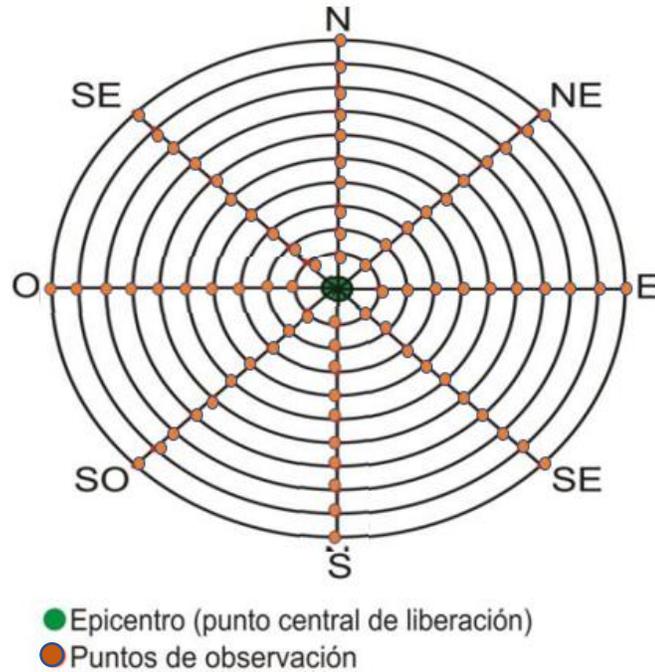


Fuente: Pec, 2015.

Figura 11. Preferencia de parasitoidismo de *C. flavipes* sobre los ínstares III, IV, y V del barrenador *D. crambidoides*, bajo condiciones de laboratorio.

c. Determinación del radio de dispersión de *Cotesia flavipes* para control del barrenador (*Diatraea saccharalis*) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) San Antonio Suchitepéquez

Para la inserción del hospedero en campo se utilizaron 90 macetas con caña de azúcar, cada maceta contuvo tres tallos cada una, la distribución de las macetas se realizó en los 8 puntos cardinales. El cultivo se encontró entre tres a cinco meses de edad con una circunferencia de 200 m de diámetro, el área utilizada se verificó que no tuviera antecedentes de liberación de cualquier parasitoide. En la Figura 9 se localiza un epicentro como punto de liberación central (Ortiz, 2009).



Fuente: Ortiz, 2009.

Figura 12. Croquis de distribución de macetas de acuerdo a puntos.

La liberación se realizó a las 07:30 horas con las siguientes condiciones climáticas: 28 °C, HR 86.5 %, variedad de caña de azúcar utilizada: CP 731547. Seis días después de la liberación se procedió a la extracción de larvas para determinación de porcentaje de parasitoidismo mediante la fórmula: $[(\text{total de larvas con parasitoidismo por } Cotesia / \text{total de larvas recuperadas}) \times 100]$ los datos del parasitoidismo se presenta en el Cuadro 8. Las larvas se mantuvieron bajo dieta y condiciones controladas (Ortiz, 2009).

Cuadro 8. Porcentaje promedio de parasitoidismo observado en las 10 distancias evaluadas, San Antonio Suchitepéquez, 2008.

Distancia en metros	Porcentaje de parasitoidismo
10	62.5
20	34.37
30	22.92
40	18.75
50	8.33
60	8.33
70	3.13
90	2.5
100	0

Fuente: Ortiz, 2009.

En el Cuadro 9 mediante la determinación de porcentaje de parasitoidismo se determinó que *Cotesia flavipes* logró dispersarse hasta 90 m del epicentro.

Cuadro 9. Promedio general del porcentaje de parasitoidismo por dirección de los puntos cardinales.

Dirección	Porcentaje de parasitoidismo
Sur	28.33
Sur-Este	26.67
Sur-Oeste	17.5
Oeste	16.83
Este	15
Nor-Oeste	10
Norte	9.33
Nor-Este	5

Fuente: Ortiz, 2009.

Los mayores niveles de parasitoidismo se encontraron a 10 m (62.5 %) (Ortiz, 2009).

2.3. MARCO REFERENCIAL

El Ingenio Santa Ana se localiza en el km 64.5 carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla, al Sur de la ciudad de Guatemala.

2.3.1. Ubicación geográfica de la empresa

Las oficinas centrales del Grupo Corporativo Santa Ana se encuentran en finca Cerritos, Coordenadas: 14° 14' 34.7" Latitud Norte y 90° 50' 35.8" Longitud Oeste. Las instalaciones del Ingenio tienen una extensión de 423.24 ha. (Santa Ana, 2014).

2.3.2. Características del área de estudio

A. Clima

Las condiciones climáticas específicas se referenciaron en el área de la finca de Cerritos la cual presenta una temperatura promedio anual de 25.65 C. la precipitación pluvial está alrededor de 2,000 mm/año a 3,000 mm/año, la humedad relativa promedio anual es de 89 % (Márquez & López, 2002).

B. Vías de acceso

La estación experimental de Ingenio Santa Ana se ubica dentro de la finca Cerritos, a dos km de las oficinas centrales de Ingenio Santa Ana, se encuentra a cuatro km del municipio de Escuintla. Dentro del casco de la finca, existe una red de calles para la movilización de personal por medio de vehículos. Existen calles de comunicación vial con fincas anexas las cuales se observan en la Figura 14.

C. Suelos

La estación experimental donde se realizó la investigación pertenece a la región seis de Ingenio Santa Ana la cual se caracteriza por presentar suelos con buen drenaje. El suelo de esta área es clasificado como “Llanura Costera del Pacifico” según el Manual de -INAB- son suelos de clase A los cuales corresponden a agricultura sin limitaciones, capacidad para soportar cultivos agrícolas altamente exigentes de nutrientes, sin limitaciones (INAB, 1999).

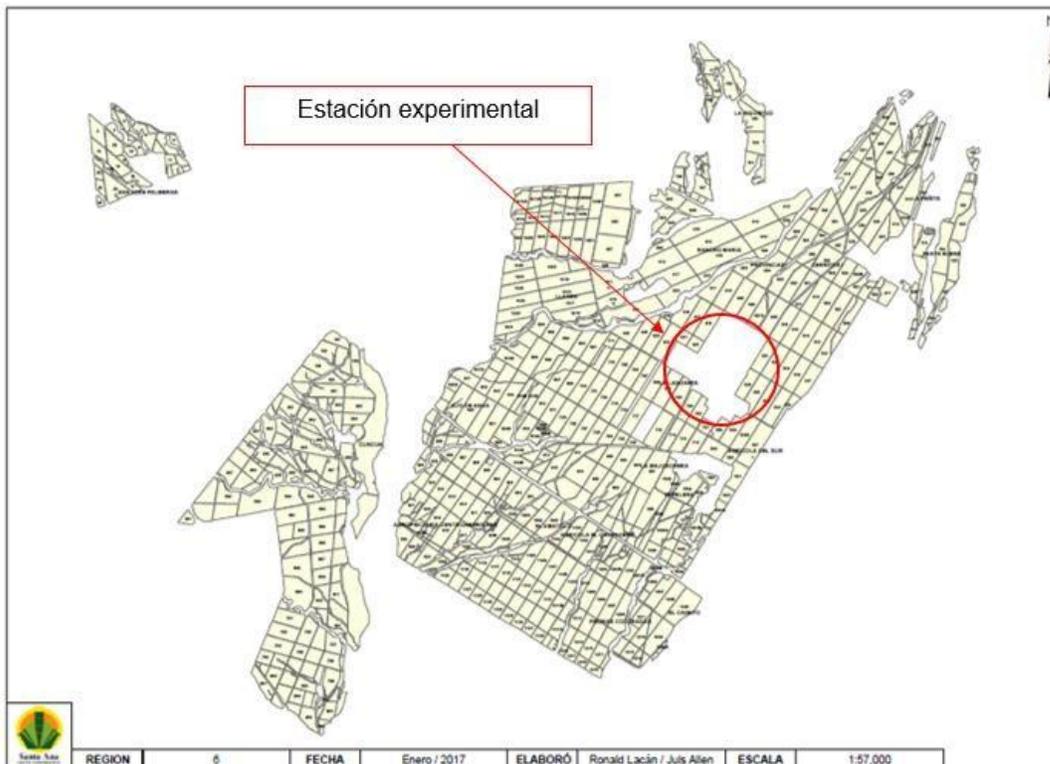
D. Variedad del cultivo de caña de azúcar en donde se implementó la investigación

Según CENGICAÑA, (2017) en Guatemala se ha dependido por muchos años de las variedades CP las cuales han presentado problemas de enfermedades y plagas, generando pérdidas en rendimiento de azúcar por lo cual el centro de investigaciones para caña de azúcar ha trabajado para generar nuevas variedades que contribuyan a la mejora de la productividad del cultivo entre las cuales se encuentra la variedad CG04-10295 la cual fue utilizada en la presente investigación.

Soto (2018) señala que la variedad CG04-10295 mostró un buen rendimiento de caña por hectárea (154 t de caña por hectárea) y de azúcar por hectárea (152 kg de azúcar por tonelada) en pre cosecha. Las variedades resistentes a la plaga de barrenador del tallo son debido a su porcentaje de fibra, fortaleciendo el tallo o debilitándolo, esta variedad presenta un 12.1 de porcentaje de fibra, estando entre las variedades susceptibles a *Diatraea cramboides* (Melgar *et al.*, 2017).

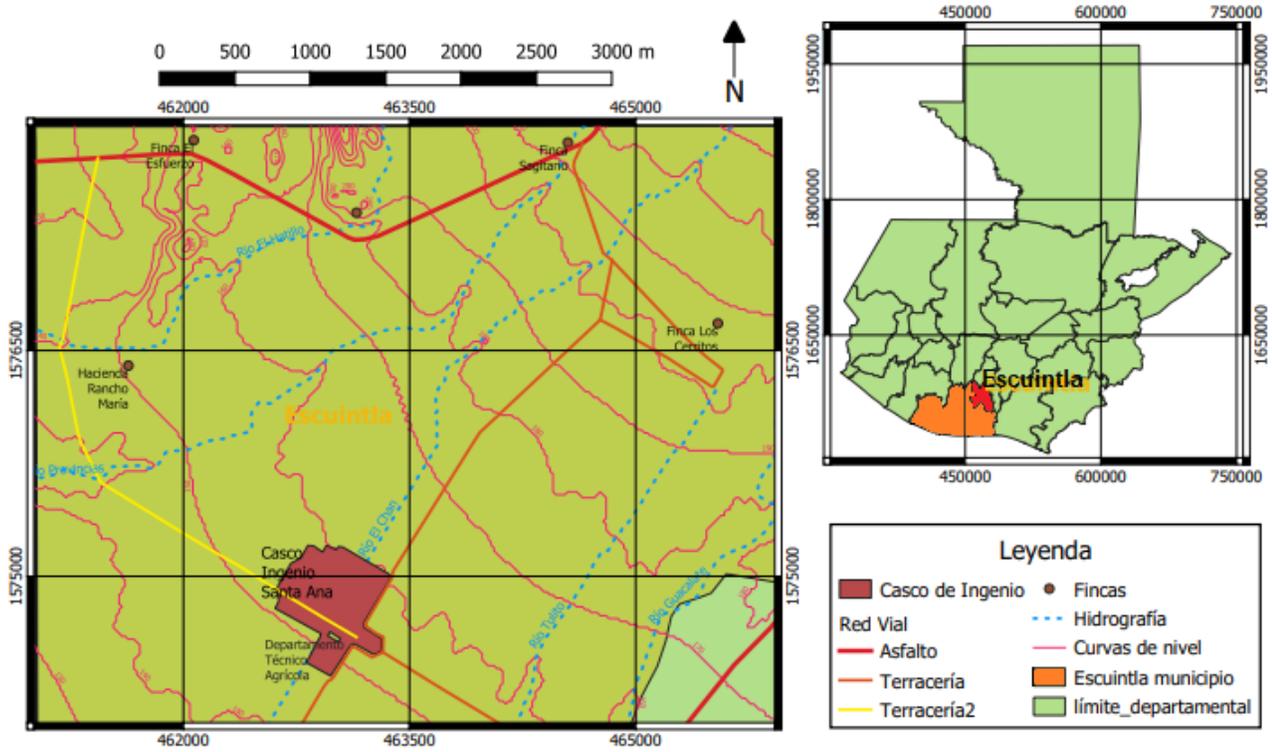
2.3.3. Área de implementación de investigación

Las instalaciones del Ingenio se encuentran en la figura 13 las cuales tienen una extensión de 423.24 ha. El Ingenio se divide en siete regiones, siendo la región seis la que abarca el área de investigación “área experimental”.



Fuente: Santa Ana, 2018.

Figura 13. Mapa general región seis, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A. Escala 1:57,000, fecha: enero 2017.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 14. Mapa de ubicación y acceso a Ingenio Santa Ana, Esquíntla, C.A.

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo general

Evaluar cuatro densidades poblacionales liberadas del parasitoide *Cotesia flavipes* para el control del barrenador del tallo *Diatraea crambidoides*, bajo condiciones semi controladas.

2.4.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el parasitoidismo de *Cotesia flavipes* en las densidades poblacionales 0, 10, 20 y 40 mil parasitoides por hectárea para el control del barrenador del tallo *Diatraea crambidoides*.
2. Determinar la intensidad de infestación ocasionada por el barrenador del tallo *Diatraea crambidoides* en cada una de las densidades poblacionales del parasitoide *Cotesia flavipes*.

2.5. HIPÓTESIS

El parasitoide *Cotesia flavipes* ejerce un mayor control del barrenador del tallo *Diatraea crambidoides* en su densidad de liberación más alta (40 mil/ha).

2.6. METODOLOGÍA

2.6.1. Evaluar el parasitoidismo de *Cotesia flavipes* en las densidades poblacionales 0, 10, 20 y 40 mil parasitoides por hectárea para el control del barrenador del tallo *Diatraea crambidoides*.

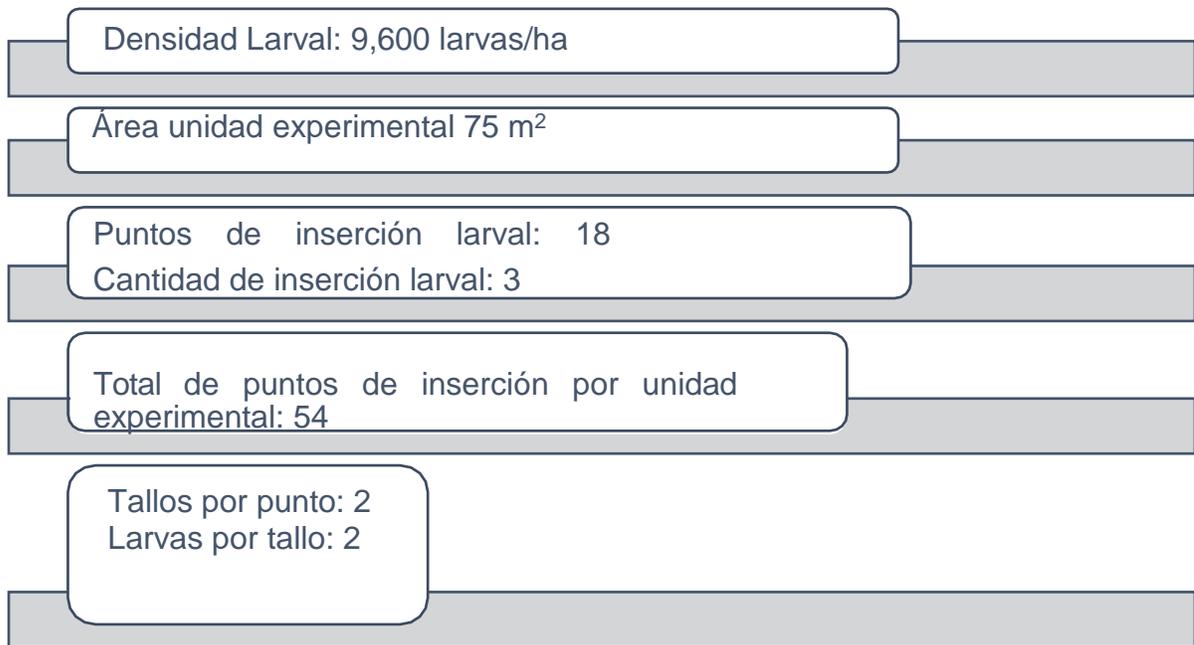
A. Factor de estudio

El factor estudiado fue la eficiencia de control de larvas de barrenador (*Diatraea crambidoides*) mediante el uso del parasitoide *Cotesia flavipes* a distintas densidades de liberación en el cultivo de caña de azúcar, con edad de cinco meses.

B. Tratamientos

Entre los tratamientos de las densidades de liberación de *Cotesia flavipes* se contó con un testigo absoluto y un testigo relativo, siendo el testigo relativo 10 mil de parasitoides por hectárea, debido a que es la densidad de parasitoides que actualmente se libera en Ingenio Santa Ana con el fin de controlar las larvas de *Diatraea crambidoides*. Los parasitoides fueron llevados a campo en 3 liberaciones, 1 liberación semanal, para simular el control que actualmente se lleva en grupo corporativo Santa Ana.

En la Figura 15 se encuentran los tratamientos los cuales fueron las siguientes densidades de liberación de parasitoides: 0, 75, 150 y 300 parasitoides por unidad experimental. Los vasos de parasitoides corresponden a la liberación de 0, 10, 20 y 40 mil parasitoides/ha, respectivamente.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 15. Componentes considerados en la implementación de la investigación.

C. Diseño de la unidad experimental

La investigación fue realizada en el lote 6 de la estación experimental, región VI, del Ingenio Santa Ana, bajo condiciones semi controladas. La variedad de caña de azúcar establecida correspondió a la CG 04-10295, a un distanciamiento de siembra de 1.40 m con cinco meses de edad. El área total utilizada fue 0.20 ha.

Se utilizaron jaulas para evitar migración de la plaga insertada y así mismo evitar contaminación entre tratamientos por migración del parasitoide *Cotesia flavipes*. Cada unidad experimental fue conformada por un área de 75 m² donde se establecieron siete surcos de caña. Las unidades experimentales estuvieron delimitadas por una jaula, de 10 m de ancho y 15 m de longitud, siendo divididas por la mitad, generando dos unidades experimentales por jaula, utilizando ocho jaulas en total.

D. Diseño experimental

Los tratamientos evaluados se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. La gradiente de variabilidad es el porcentaje de depredación dentro de las jaulas por otros seres vivos tales como conejos, arañas, hormigas. Este tipo de análisis es utilizado cuando se tienen dudas acerca de la homogeneidad del mismo (López Bautista y González Ramírez, 2018).

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general de los tratamientos de millares de liberación de *C. flavipes*.

β_j = Efecto asociado al j -ésimo bloque.

α_i = Efecto asociado al i -ésimo nivel de los tratamientos.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental (López Bautista y González Ramírez, 2018).

Los datos de porcentaje de parasitoidismo e intensidad de infestación fueron sometidos a análisis de normalidad y homocedasticidad, al corroborar que cumplían con los supuestos se procedió a realizar un Análisis de la varianza (ANDEVA). Al existir diferencia significativa entre tratamientos, se realizó la prueba múltiple de medias Scott Knott para determinar cuál densidad de liberación de parasitoides a nivel de campo ejerció mejores resultados en cuanto a las variables de respuesta, en cañaveral de cinco meses, este análisis fue realizado a través de software estadístico Infostat versión 2019.

E. Manejo del cultivo

El manejo del área experimental, reúne distintas características como lo es calidad genética (pureza varietal) con ello se garantiza características físicas como vigor del tallo o bien fisiológicas, para la calidad fisiológica se toma en cuenta la edad de la semilla, yemas en buen estado y con buen poder germinativo y tiempo entre el corte y siembra. Estos elementos tienen que ser considerados en todo el proceso de producción de los semilleros, en donde al final se evalúan para definir si cumplen con los requisitos necesarios para su uso (CENGICAÑA, 2017). El área experimental de Ingenio Santa Ana, es un área destinada para extracción de semillas de variedades puras, el manejo es lo más cuidadoso posible en el ámbito químico, por ello el manejo de malezas se hace de manera manual.

El riego es planificado en época seca, por medio de aspersión según el requerimiento del cultivo, y factores secundarios como estrato altitudinal, etapa fenológica del cultivo, estructura del suelo. El proceso de cosecha en esta área es sin quema de la caña de azúcar, debido a que será utilizada como semilla, por lo cual la cosecha es corte manual.

F. Evaluación y delimitación del área de trabajo

Se garantizó la mayor homogeneidad a nivel de campo, (variedad de caña de azúcar uniforme y cero registros de infestación de barrenador del tallo). Por ello, se seleccionó el área de la estación experimental del Ingenio Santa Ana, siendo un área destinada para variedades puras, por lo cual se garantizó que toda el área bajo tratamiento fuera de la variedad de caña de azúcar CG04-10295 y garantizando la inexistencia de la plaga.

G. Preparación y construcción de jaulas

Las jaulas utilizadas habían sido previamente usadas en otras investigaciones por lo cual fueron sometidas a reparación como se puede observar en la figura 16, cerrando cualquier agujero por deterioro para evitar migración de la plaga así mismo de su parasitoide. Se les fue añadido un sarán blanco para dividir la jaula en dos, y generar dos unidades experimentales por jaula.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 16. Reparación de jaulas región seis, Ingenio Santa Ana. Guatemala, departamento de Escuintla.

H. Corte y colocación de postes para sostén de jaulas

Los postes fueron cortados en la región VI de Ingenio Santa Ana, necesitándose seis postes por jaula, por lo cual se requirió cortar 50 postes de cinco m de altura y aproximadamente 15 cm de diámetro o más. Luego fueron trasladados a la estación experimental, en donde se les aplicó aceite de motor usado, para protección de la madera dado que estarían expuestos a humedad debajo del suelo. En la Figura 17 se localizan los postes que fueron colocados a una profundidad de un metro, tomando en cuenta el distanciamiento de las jaulas fueron distribuidos en toda el área experimental.



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 17. Corte y colocación de postes en campo.

I. Construcción de jaulas en campo

Las jaulas fueron trasladadas a la estación experimental, levantadas y aseguradas con alambre galvanizado en la parte alta y con estacas en la parte baja como se observa en las figuras 18 y 19.



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 18. Colocación de jaulas en campo.



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 19. Vista interna de unidad experimental.

J. Liberación del parasitoide *Cotesia flavipes*

Los vasos con las densidades de parasitoides específicas (75, 150 y 300 parasitoides) fueron obtenidos del laboratorio de producción de parasitoides del Ingenio Santa Ana, donde los cocones fueron pesados, por medio del modelo matemático previamente descrito. Se observó hasta la emergencia de los adultos, luego de ello se esperó 36 horas para garantizar que los adultos emergidos se aparearan para posteriormente realizar la liberación.

No se utilizaron los vasos comunes de liberación, debido a su tamaño, haciendo que los parasitoides pudiesen morir por demasiada actividad física por lo cual, se utilizó por vasos de liberación más pequeños (Figura 20) los cuales fueron llevados a campo, siendo colocados en el centro de cada unidad experimental, (en el surco número cuatro, a 3.5 m de la entrada de la unidad experimental), la tapadera fue retirada para que los parasitoides iniciaran su proceso de búsqueda y parasitoidismo.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 20. Liberación del parasitoide *Cotesia flavipes*, en cañaveral de cinco meses de edad, lote seis, estación experimental, región seis, Ingenio Santa Ana.

K. Condiciones ambientales durante la investigación en las fechas de liberación de *Cotesia flavipes*

La hora de liberación del parasitoide se realizó a las 17:00 horas en las tres fechas estipuladas, estos datos fueron registrados por medio del instituto privado de investigación sobre cambio climático, utilizando como referencia la estación meteorológica Costa Brava, siendo la estación más cercana al área donde se implementó la investigación.

L. Modelo matemático para densidad de liberación del parasitoide *C. flavipes*

Actualmente en Ingenio Santa Ana, se mantiene un pie de cría de *C. flavipes* así mismo se realiza liberación comercial diariamente de dicho parasitoide, cada vaso de liberación incluye 2,000 parasitoides, liberando aproximadamente 250 vasos diarios (500 millares) en distintos lotes con datos de infestación de barrenador del tallo de la caña de azúcar; para determinar que cada vaso contiene 2,000 parasitoides, se utiliza un modelo matemático basado en peso de los puparios (cocones) el modelo es el siguiente: (*peso por cocon*) $1007.6 + 7.3088$ lo cual da como resultado puparios por masa.

$$\frac{\text{Peso por cocon}}{\text{Puparios por masa}} \times \text{Densidad deseada por vaso} = \text{peso de cocones/vaso (gr)}$$

M. Condiciones para liberación de *Cotesia flavipes*

Las liberaciones fueron realizadas en horas de 16 a las 17 horas debido a la temperatura, dado que en laboratorio la temperatura oscila entre 24 °C a 28 °C, los parasitoides no se pueden exponer a temperaturas muy elevadas, porque provocaría su mortalidad para lo cual se registraron dichos valores presentados en la Figura 21.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 21. Condiciones ambientales al momento de liberación de *C. flavipes*, temperatura en grados Celsius y humedad relativa.

N. Período de tiempo entre liberaciones

Las liberaciones del parasitoide fueron de acuerdo al ciclo biológico del barrenador dado que cada ínstar de la plaga dura seis días, la inserción larval se realizó con larvas de 11 días de emergencia (ínstar dos) para garantizar su óptimo barrenado en el tallo del cultivo de caña de azúcar, sin embargo, según Pec (2015), la preferencia de parasitoidismo se da en ínstar cuatro e ínstar cinco, por lo cual se realizó liberación del parasitoides, cuando las larvas insertadas alcanzaran dicho instar (Cuadro 10). Técnicamente las qué fechas alcanzarían cada instar las larvas de *D. crambidoides* de acuerdo a su fecha de inserción en campo, el amarillo abarca la liberación del parasitoide del 27 de febrero 2020, el verde abarca la liberación del 02 de marzo 2020, y el azul abarca la liberación del 09 de marzo 2020.

Cuadro 10. Fechas del ciclo biológico de larvas *D. crambidoides* en inserción larval.

Día	Liberación Lepidoptera	Ínstar 2	Ínstar 3	Ínstar 4	Ínstar 5
1	13-feb	13-feb	21-feb	27-feb	02-mar
2	21-feb	21-feb	27-feb	02-mar	09-mar
3	25-feb	25-feb	02-mar	09-mar	15-mar

Fuente: elaboración propia, 2020.

O. Medida de control considerada en las liberaciones

Debido a que el manejo de las densidades de liberación del parasitoide es mediante peso de cocones, por medio de un modelo matemático previamente descrito, se determinó si efectivamente los vasos de liberación contenían la cantidad de parasitoides adultos estipulados por cada tratamiento, estos datos se presentan en el cuadro 11. Se contó con cuatro unidades experimentales por tratamiento, pero por cada tratamiento se entregó cinco vasos de liberación por tratamiento a laboratorio de producción de parasitoides, previo a la liberación en horas de la tarde (16 a 18 horas) se seleccionó un vaso al azar, y se contabilizó los adultos emergidos de cada tratamiento, para garantizar la cantidad estipulada de liberación, esto se realizó en todos los tratamientos, en las tres liberaciones realizadas.

Cuadro 11. Registro de control de calidad de las tres liberaciones de *C. flavipes*.

Fecha de liberación	Densidad requerida	Adultos emergidos	Adultos no emergidos	Hembras	Machos	Relación H/M
27/02/2020	75	60	17	40	20	2:1
27/02/2020	150	122	21	99	23	4.3:1
27/02/2020	300	342	21	164	178	0.92:1
02/03/2020	75	85	9	45	40	1.13:1
02/03/2020	150	164	5	151	13	11.6:1
02/03/2020	300	349	5	307	42	7.3:1
09/03/2020	75	71	7	51	20	2.55:1
09/03/2020	150	139	26	86	53	1.62:1
09/03/2020	300	259	16	196	63	3.11:1

Fuente: elaboración propia, 2020.

P. Toma de datos

Posterior a la última liberación del parasitoide se inició la colecta de datos en cada unidad experimental, tomando 30 m lineales por unidad experimental, donde se examinó síntomas de presencia del barrenador (tallo barrenado, o restos de tejido dañado. Los tallos con dichos síntomas, fueron cortados y evaluados con precaución evitando el daño en las posibles larvas dentro de los mismos, al momento de encontrar una larva del barrenador se colocó en cajas de poliestireno con un cubo de caña de azúcar de tres cm³ para alimentación de las mismas y se mantuvieron a una temperatura de 24 a 26 °C estimulando el óptimo desarrollo larval. Las larvas fueron evaluadas hasta observación de parasitoidismo o mortalidad lo cual se observa en las Figuras 22 - 26.

Se extrajo de campo larvas que fueron insertadas, estas larvas fueron llevadas a laboratorio para ser observadas realizando esta labor cada dos días, en donde fue evaluado el parasitoidismo y así mismo se realizó el cambio de alimentación, se esperó aparición de cocones para verificar la aparición de parasitoidismo o bien larvas convertidas en pupas para verificar ausencia de parasitoidismo por *Cotesia flavipes*. Según CENGICAÑA (2017), para la cuantificación de parasitoidismo se utiliza la fórmula:

$$\frac{\text{Larvas con parasitoidismo confirmado}}{\text{Larvas total por unidad experimental}} \times 100$$



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 22. Sintomatología en campo de parasitoidismo.



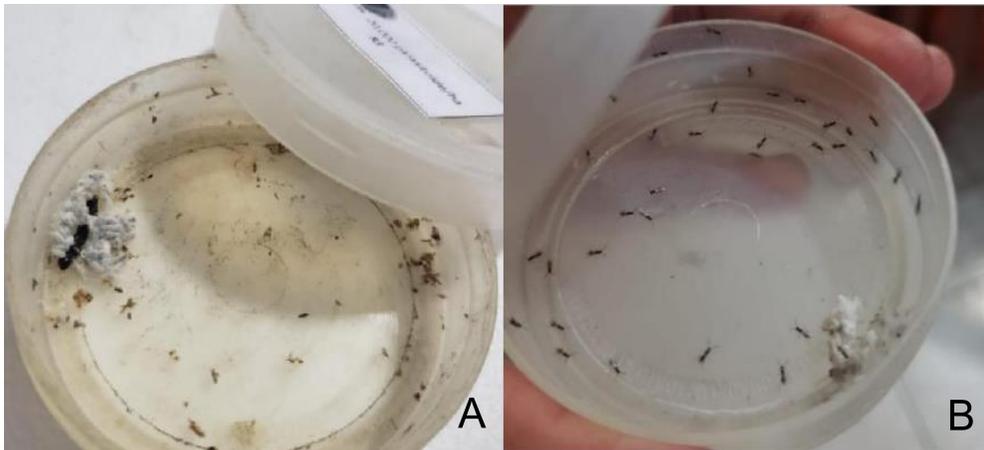
Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 23. Larvas *D. crambidoides* extraídas de campo.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 24. Larva *D. crambidoides* en observación para determinación de variable de respuesta porcentaje de parasitoidismo *C. flavipes*.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 25. Larvas *D. crambidoides* en observación con presencia de parasitoidismo *C. flavipes*.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 26. Pupas de *D. crambidoides* representativas de ausencia de parasitoidismo *C. flavipes*.

Q. Análisis de la información

Para determinar cuál fue el tratamiento estadísticamente superior en la supresión del barrenador se realizaron análisis paramétricos en donde se deben cumplir los supuestos para evaluar de tal modo el comportamiento normal de las variables dependientes, para el supuesto normalidad y homocedasticidad se realizó una prueba gráfica y una estadística los cuales se presentan a continuación.

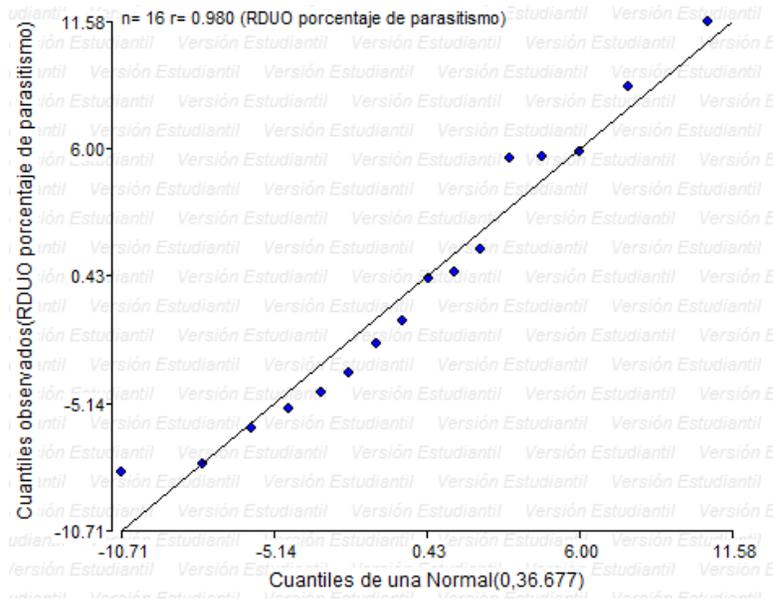
R. Supuesto de normalidad

Fue evaluado por el test de Shapiro Wilks el cual plantea la hipótesis nula que una muestra proviene de una distribución normal y una hipótesis alterna que sostiene que la distribución no es normal observada en el Cuadro 12, así mismo se evaluó la normalidad por medio de una gráfica de QQPLOT presentada en la Figura 27.

Cuadro 12. Test de Shapiro Wilks para determinación de supuesto de normalidad de la variable dependiente porcentaje de parasitoidismo.

Variable	Número de muestra	Desviación estándar	Amplitud	P Valor
Residuo % parasitoidismo	16	6.06	0.92	0.3295

Fuente: Elaborado en base a Infostat, 2020.



Fuente: Elaborado en base a Infostat, 2020.

Figura 27. Estimación de supuesto normalidad en gráfico QQPLOT para variable dependiente porcentaje de parasitoidismo.

Dado que el nivel de significancia 0.05 es menor al nivel de significancia observado 0.3295 no se rechaza la hipótesis nula afirmando que los datos de la variable dependiente en evaluación siguen una distribución normal.

S. Supuesto de homocedasticidad

Fue evaluado con los residuos absolutos de la variable observada en el Cuadro 13.

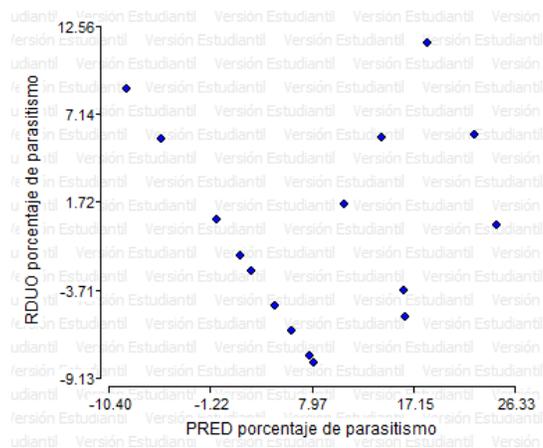
Cuadro 13. Análisis de la varianza (SC TIPO III) para residuos absolutos de la variable dependiente porcentaje de parasitoidismo.

Variable	N	R ²	CV
RABS porcentaje de parasitoidismo	16	0.10	67.34

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14.39	3	4.8	0.42	0.7398
Tratamiento	14.39	3	4.8	0.42	0.7398
Error	135.97	12	11.33		
Total	150.35	15			

Fuente: Elaborado en base a Infostat, 2020.

Con un nivel de significancia 0.05 siendo menor al nivel de significancia observado 0.7398 se afirma que la varianza de los errores es igual.



Fuente: Elaborado en base a Infostat, 2020.

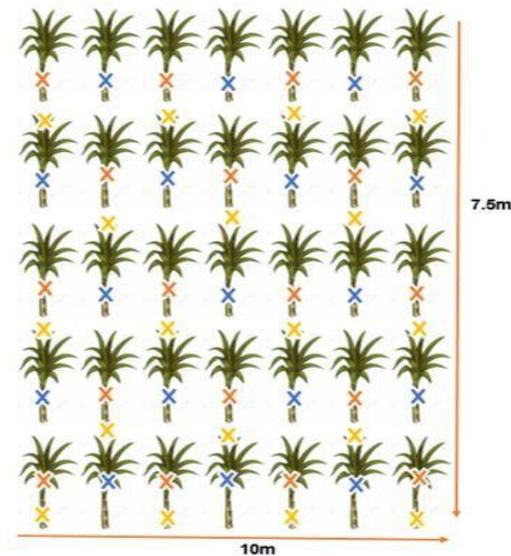
Figura 28. Diagrama de dispersión de residuos de la variable porcentaje de parasitoidismo sin ningún patrón establecido.

Los supuestos del análisis de varianza se cumplen, por lo tanto, se procede a realizar el análisis paramétrico respectivo.

2.6.2. Determinar la intensidad de infestación ocasionada por el barrenador del tallo *Diatraea crambidoides* en cada una de las densidades poblacionales del parasitoide *Cotesia flavipes*.

A. Inserción larval

Como manejo de la investigación se realizó inserción larval *Diatraea crambidoides* con 11 días de emergencia, siendo insertadas en 18 puntos durante tres veces cada seis días, generando un total de 54 puntos de inserción por unidad experimental. Este tipo de inserción se realizó con la finalidad de manejar tres edades larvales distintas, debido a que a nivel de campo no se encuentra una sola edad larval de manera natural. En la figura 29 se observa cada punto de inserción el cual contó con dos tallos y dos larvas insertadas por tallo, esto se determinó debido a evaluaciones previas en campo a partir de la técnica de inserción larval, tomando en cuenta el porcentaje de mortalidad de las larvas extraídas de laboratorio.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 29. Distribución de puntos de inserción larval.

B. Distribución de espacio dentro de las unidades experimentales

Cada punto de inserción contó con dos tallos sujetos con listones plásticos (Figura 30) y cada tallo con dos larvas de 11 días de emergencia. Cada fecha de inserción larval obtuvo un color de listón para facilidad de manejo. Las larvas utilizadas fueron extraídas de laboratorio de producción de parasitoides (Figura 31) para ser insertadas en campo de manera manual (Figura 32).



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 30. Identificación de cada fecha de inserción larval. A: inserción larval 13 de febrero 2020. B: inserción larval 19 de febrero 2020. C: inserción larval 25 de febrero 2020.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 31. Larvas *D. crambidoides* con 11 días de emergencia extraídas de laboratorio.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 32. Inserción larval *D. crambidoides* en campo.

C. Toma de datos

60 días después de la última liberación de *Cotesia flavipes* se inició la colecta de datos en cada unidad experimental lo cual se observa en Figura 33 y 34. Se tomaron 25 tallos aleatorios por unidad experimental, donde se registraron los tallos, entrenudos totales y entrenudos dañados por *Diatraea crambidoides* para tal labor se utilizó una ficha de recolección de datos, Según CENGICAÑA (2017), para la cuantificación de porcentaje de intensidad de infestación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Número de entrenudos dañados}}{\text{Número total de entrenudos}} \times 100$$



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 33. Galerías ocasionadas por larva *D. crambidoides*, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 34. Tallos barrenados ocasionados por larva *D. crambidoides*, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.

D. Análisis de la información

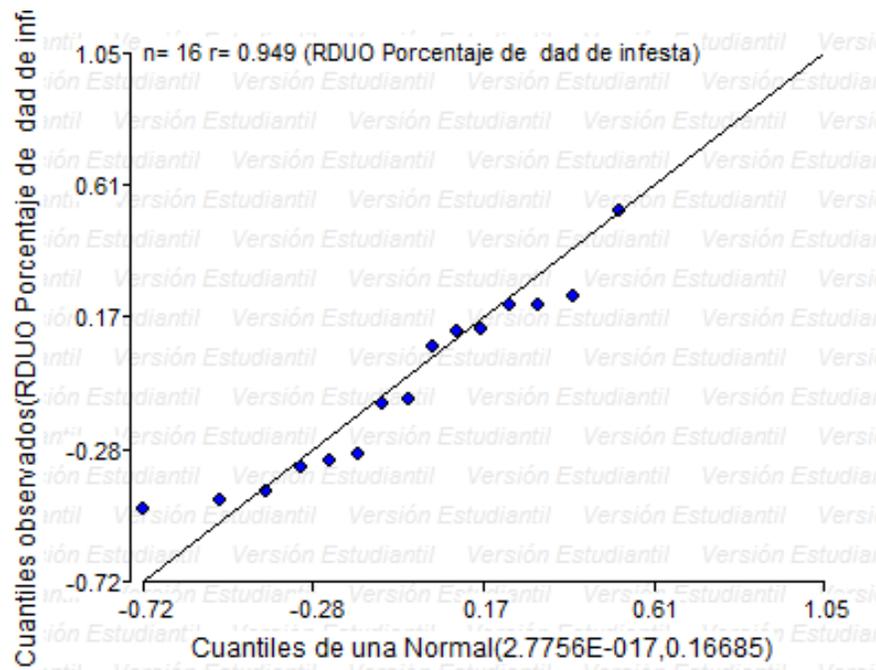
Para determinar cuál fue el tratamiento estadísticamente superior en la supresión del barrenador se realizaron análisis paramétricos en donde se deben cumplir los supuestos para evaluar de tal modo el comportamiento normal de las variables dependientes, para el supuesto normalidad y homocedasticidad se realizó una prueba gráfica y una estadística los cuales se presentan a continuación.

E. Supuesto de normalidad

Fue evaluado por el test de Shapiro Wilks el cual plantea la hipótesis nula que una muestra proviene de una distribución normal y una hipótesis alterna que sostiene que la distribución no es normal observada en el Cuadro 14, así mismo se evaluó la normalidad por medio de una gráfica de QQPLOT presentada en la Figura 35.

Cuadro 14. Test de Shapiro Wilks para determinación de supuesto de normalidad de la variable dependiente intensidad de infestación.

Variable	Número de muestras	Desviación estándar	Amplitud	P valor
Residuo Intensidad de infestación	16	0.41	0.90	0.1682



Fuente: Elaborado en base a Infostat, 2020.

Figura 35. Estimación de supuesto normalidad en gráfico QQPLOT para variable dependiente intensidad de infestación.

Dado que el nivel de significancia 0.05 es menor al nivel de significancia observado 0.1682 se afirma que los datos de la variable dependiente en evaluación siguen una distribución normal.

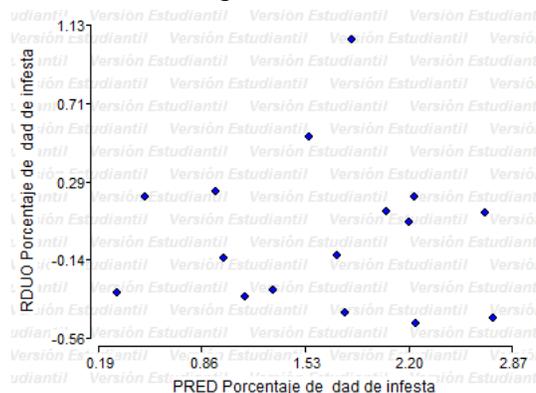
Cuadro 15. Análisis de la varianza (SC TIPO III) para residuos absolutos de la variable dependiente intensidad de infestación.

Variable	N	R ²	CV
RABS intensidad de infestación	16	0.28	72.97

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.25	3	0.08	1.56	0.2511
Tratamiento	0.25	3	0.08	1.56	0.2511
Error	0.64	12	0.05		
Total	0.89	15			

Fuente: Elaborado en base a Infostat, 2020.

Con un nivel de significancia 0.05 siendo menor al nivel de significancia observado 0.2511 se afirma que la varianza de los errores es igual.



Fuente: Elaborado en base a Infostat, 2020.

Figura 36. Diagrama de dispersión de residuos de la variable intensidad de infestación sin ningún patrón establecido.

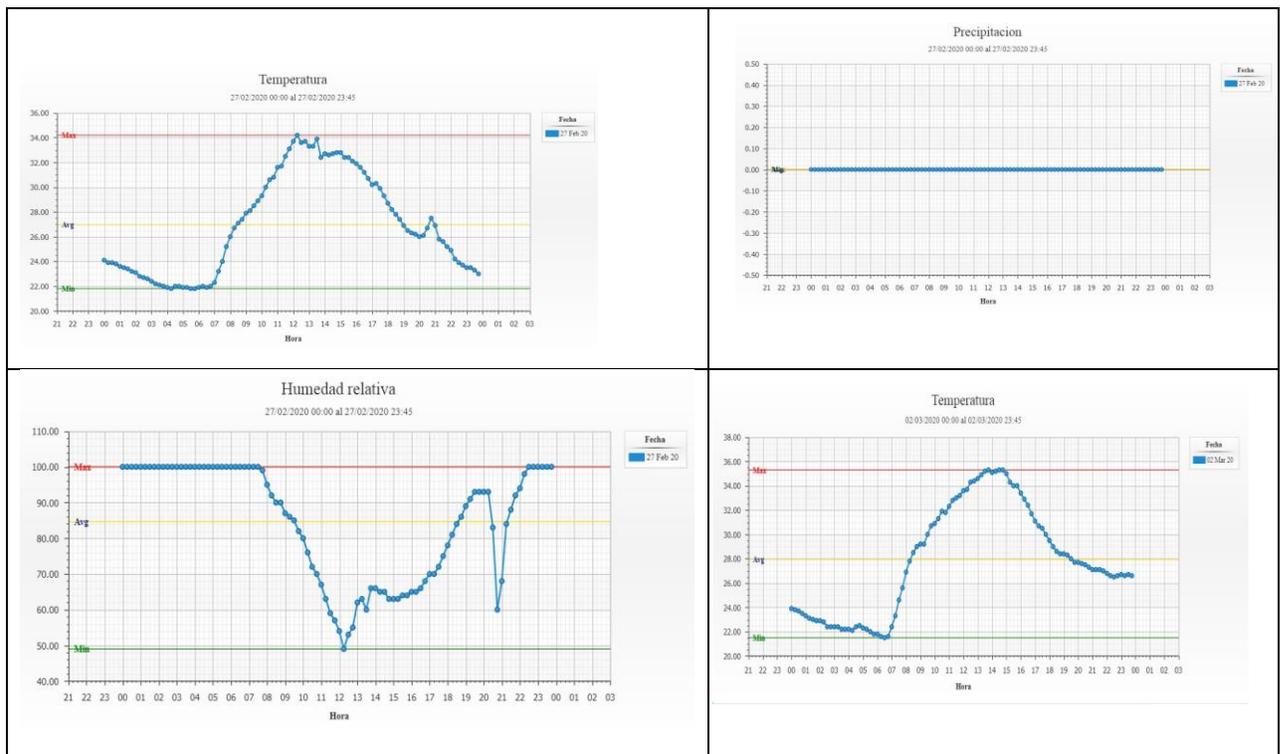
Los supuestos del análisis de varianza se cumplen, por lo tanto, se procede a realizar el análisis paramétrico respectivo.

2.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

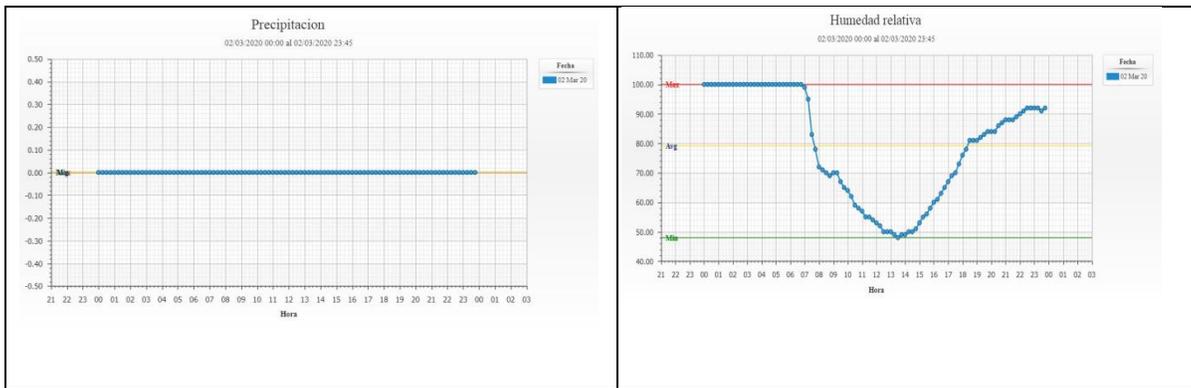
La fase de campo duró 4 meses comprendidos de febrero a mayo del año 2020.

2.7.1 Evaluar el parasitoidismo de *Cotesia flavipes* en las densidades poblacionales 0, 10, 20 y 40 mil parasitoides por hectárea para el control del barrenador del tallo *Diatraea crambidoides*.

A través de registros observados de la Figura 37 a la 42 de la estación meteorológica Costa Brava, se obtuvo la temperatura promedio de la hora de liberación comprendida entre las 16:00 y 17:00 horas, la cual estuvo entre 30 C a 32 C, la precipitación en 0 mm y la humedad relativa entre 55 % a 70 %.

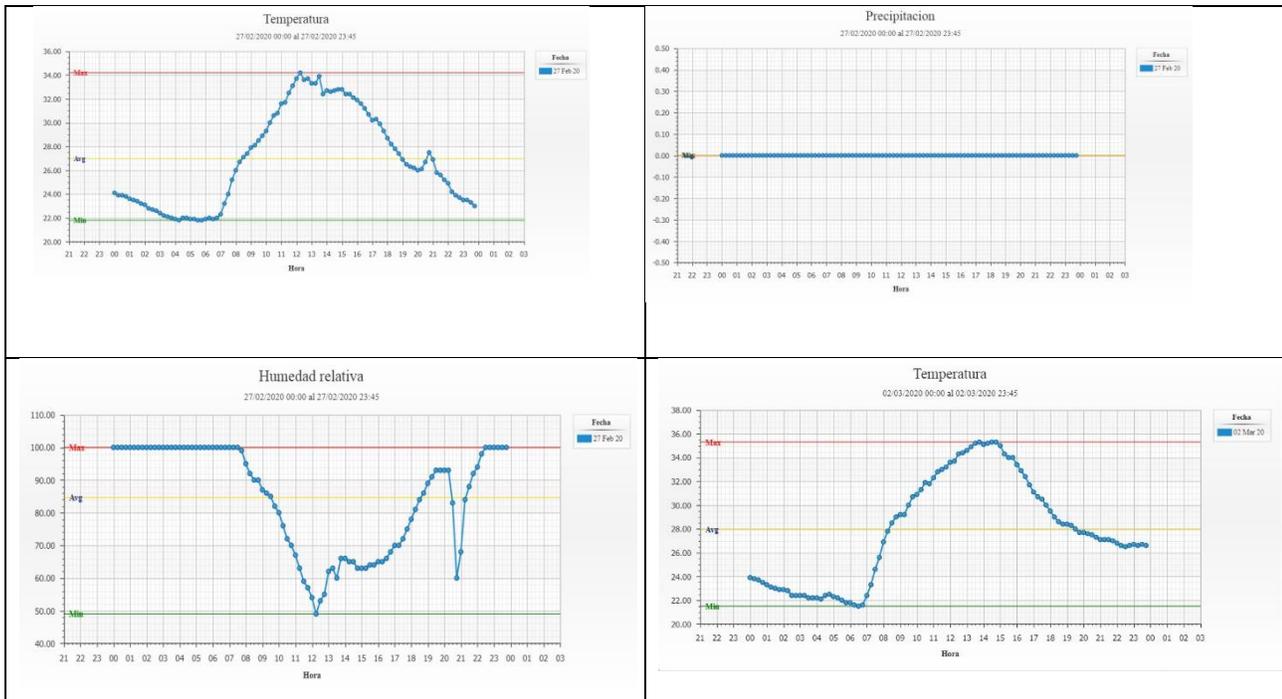


Continuación figura 37-42.

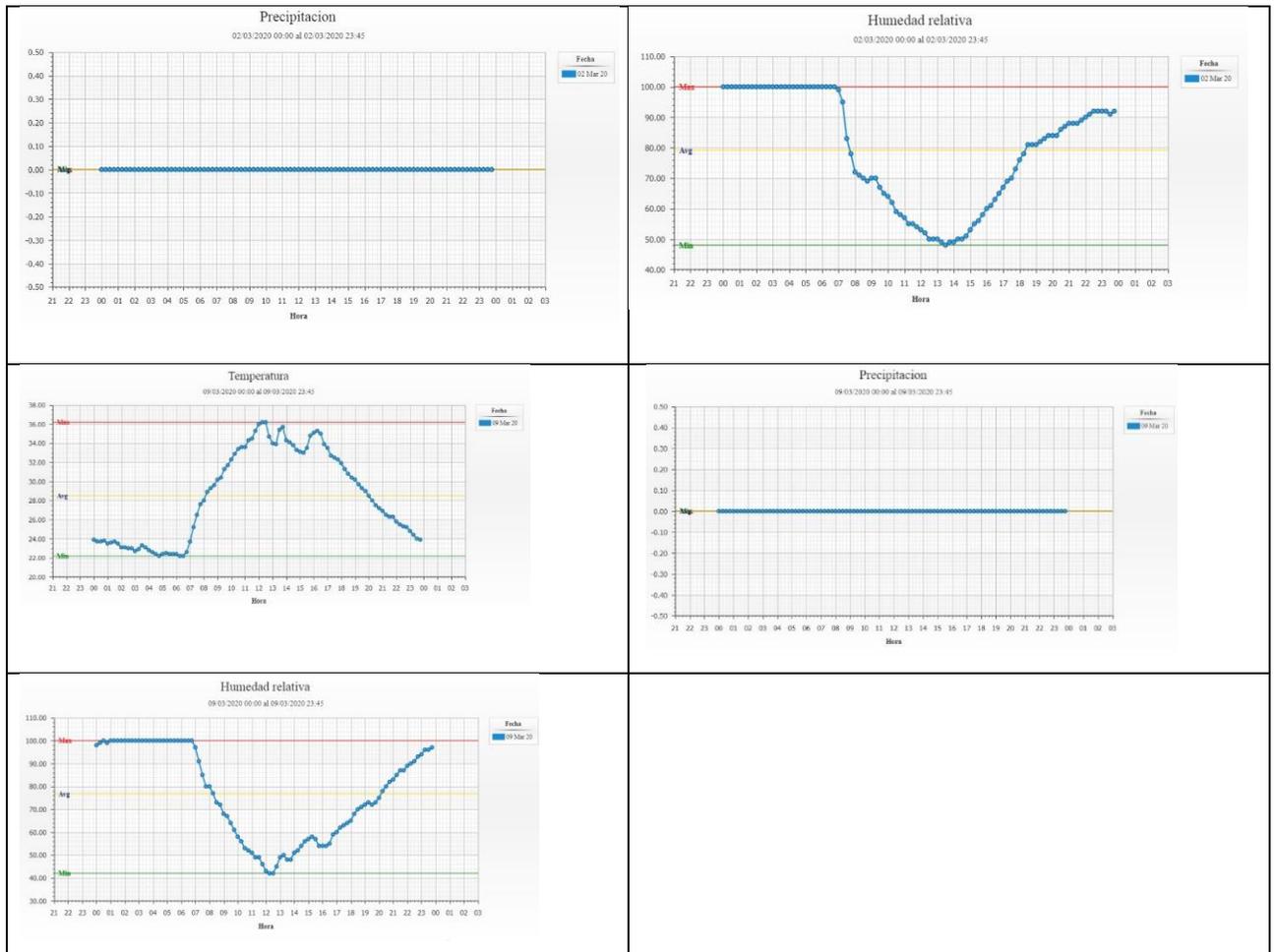


Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2020.

Figura 37 – 42. Temperatura, precipitación y humedad relativa de los días de liberación de 00:00 horas a las 23:45 horas.



Continuación figura 43-51.



Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2020.

Figura 43-51. Temperatura, precipitación y humedad relativa de los días de liberación de 00:00 horas a las 23:45 horas.

A. Parasitoidismo por densidad de *Cotesia flavipes* liberadas en las jaulas

En el Cuadro 16 y Figura 52 se observa el número de larvas del barrenador contabilizados el cual estuvo entre cinco y 10 por tratamiento y la cantidad de larvas afectadas por el parasitoide entre cero y tres.

Cuadro 16. Resultados obtenidos por repetición en variable de respuesta porcentaje de parasitoidismo.

Repetición	Tratamiento	Total larvas	Larvas parasitizadas	Porcentaje de parasitoidismo
1	1 (0)	7	0	0.00
1	2 (10 mil)	9	0	0.00
1	3 (20 mil)	10	2	20.00
1	4 (40 mil)	8	1	12.50
2	1 (0)	6	0	0.00
2	2 (10 mil)	10	0	0.00
2	3 (20 mil)	9	1	11.11
2	4 (40 mil)	10	3	30.00
3	1 (0)	7	0	0.00
3	2 (10 mil)	8	1	12.50
3	3 (20 mil)	7	2	28.57
3	4 (40 mil)	8	2	25.00
4	1 (0)	7	0	0.00
4	2 (10 mil)	7	0	0.00
4	3 (20 mil)	6	0	0.00
4	4 (40 mil)	5	0	0.00

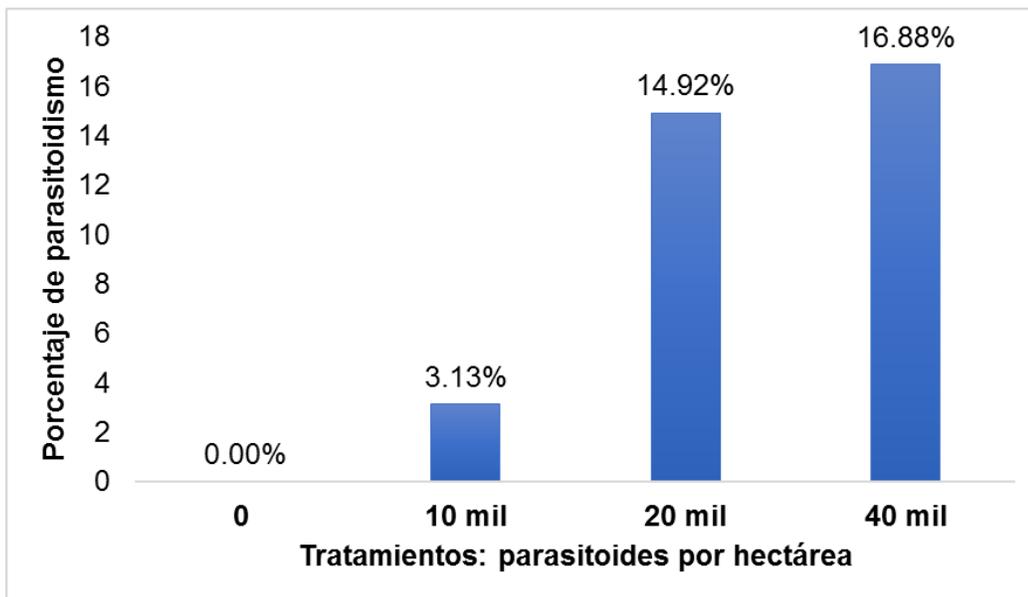


Figura 52. Parasitoidismo de *C. flavipes* sobre larvas de *D. crambidoides* en cuatro distintas densidades de liberación bajo condiciones semi controladas, estación experimental, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.

Para la variable de respuesta de parasitoidismo, la necesidad de realizar bloques fue debido a la bio regulación por parte de depredadores naturales como las hormigas, notando en el Cuadro 16 que en todo el bloque cuatro el porcentaje de parasitoidismo fue de 0 % para todos los tratamientos, siento una respuesta a ello la bio regulación existente en el medio natural. Sin embargo, de manera general, gráficamente según la Figura 52, la densidad de parasitoides por hectárea que presenta mayor porcentaje de parasitoidismo es 40 mil parasitoides/ha.

B. Análisis de la varianza

Los porcentajes de parasitoidismo estuvieron entre 0 % y 30 % en todos los tratamientos evaluados, por lo que se realizó un ANDEVA el cual se presenta en el cuadro 17 para encontrar el tratamiento con el que se logró la diferencia.

Cuadro 17. Análisis de la varianza (SC TIPO III) para la variable dependiente Porcentaje de parasitoidismo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje parasitoidismo	16	0.72	0.53	89.56

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1407.68	6	234.61	3.84	0.0351
Bloque	558.50	3	186.17	3.05	0.0850
Tratamiento	849.18	3	283.06	4.63	0.0319
Error	550.16	9	61.13		
Total	1957.83	15			

El análisis de la varianza mostró que efectivamente existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p= 0.0319 < 0.05$), existiendo al menos un tratamiento que presentó diferencia de porcentaje de parasitoidismo respecto a los demás.

Se efectuó un análisis postandeva para encontrar cuál era ese tratamiento. El Análisis se efectuó a través de Scott Knott al 95 % de confianza el cual se presenta en el cuadro 18.

Cuadro 18. Separación de medias por medio de Scott & Knott al 5 % sobre la variable porcentaje de parasitoidismo de *C. flavipes*.

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
40 millares	16.88 %	4	3.91	A	
20 millares	14.92 %	4	3.91	A	
10 millares	3.13 %	4	3.91		B
0 millares	0.00 %	4	3.91		B

Error: 61.1284, gl: 9.

El análisis efectuado mostró que las densidades del parasitoide de 20 y 40 mil individuos tuvieron similares grados de efectividad en parasitizar a larvas del barrenador con diferencias a densidades de 0 y 10 mil individuos que presentaron 0 % y 3.13 % de parasitoidismo respectivamente. Siendo estadísticamente similares las densidades de liberación 20 y 40 mil individuos respecto a la variable de respuesta parasitoidismo.

2.7.2. Determinar la intensidad de infestación ocasionada por el barrenador del tallo *Diatraea crambidoides* en cada una de las densidades poblacionales del parasitoide *Cotesia flavipes*.

El porcentaje de intensidad de infestación estuvo entre 0 % y 2.89 %, siendo el mayor porcentaje de intensidad de infestación el tratamiento testigo donde no se liberó el parasitoide mientras que la intensidad de infestación más baja se obtuvo en el tratamiento de cuarenta mil parasitoides/ha siendo el menor daño en caña de azúcar en función de la mayor liberación del parasitoide, los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 19 y Figura 53.

Cuadro 19. Resultados obtenidos por repetición en variable de respuesta porcentaje de intensidad de infestación.

Repetición	Tratamiento	Porcentaje de Intensidad de infestación
1	1 (0)	0.88
1	2 (10 mil)	0
1	3 (20 mil)	0.7
1	4 (40 mil)	1.19
2	1 (0)	2.89
2	2 (10 mil)	0.81
2	3 (20 mil)	1.03
2	4 (40 mil)	1.37
3	1 (0)	1.77
3	2 (10 mil)	2.09
3	3 (20 mil)	1.63
3	4 (40 mil)	2.27
4	1 (0)	2.3
4	2 (10 mil)	2.19
4	3 (20 mil)	2.45
4	4 (40 mil)	2.82

En el Cuadro 19 se presenta el porcentaje de intensidad de infestación de los cuatro tratamientos en sus cuatro repeticiones, los datos oscilan entre 0 % a 2.89 %, existiendo variedad de datos altos y bajos según cada tratamiento, sin embargo, en el acumulado de datos, se nota la diferencia entre tratamientos, siempre es necesario realizar un análisis de varianza para verificar diferencia estadísticamente.

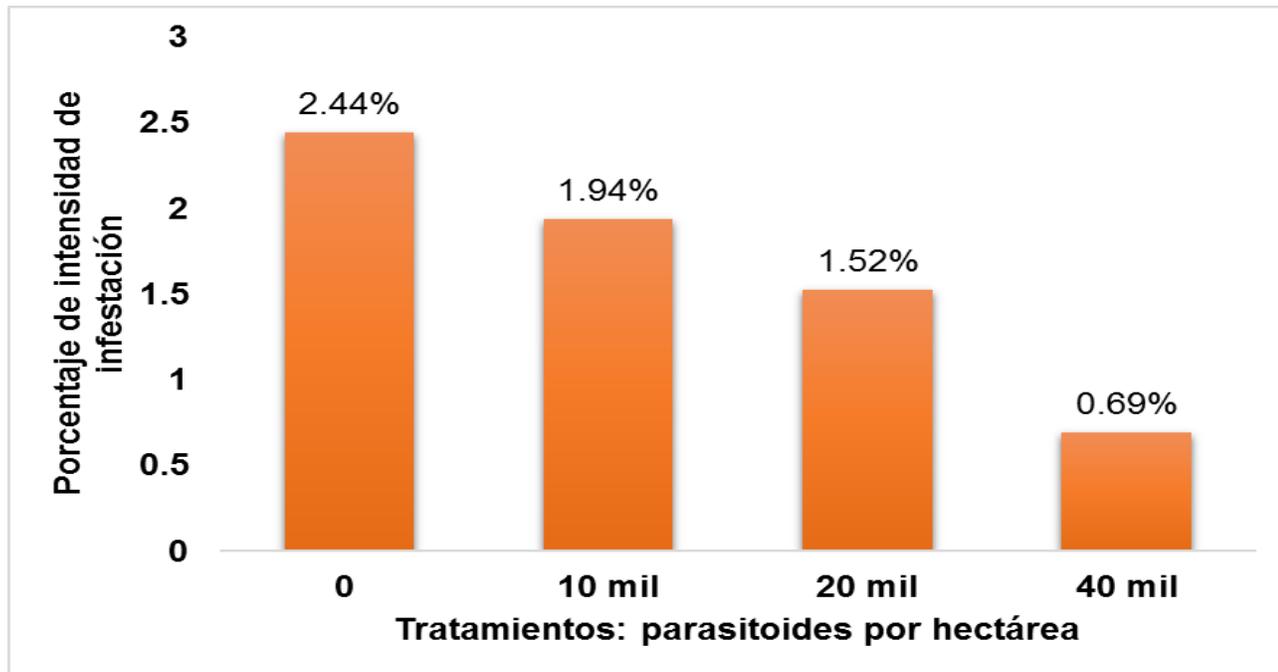


Figura 53. Intensidad de infestación de *Diatraea crambidoides* en función de cuatro distintas densidades de liberación de *Cotesia flavipes* bajo condiciones semi controladas, estación experimental, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.

En la Figura 53 se presenta gráficamente la intensidad de infestación de los cuatro tratamientos, siendo el tratamiento de 40 mil parasitoides/ha el que presentó menor porcentaje de intensidad de infestación con un 0.69 % mientras que el tratamiento que no recibió ningún manejo de parasitoides, obtuvo una intensidad de infestación de 2.44 % estando en el umbral económico según Márquez, (2015).

A. Análisis de la varianza

El análisis de la varianza mostró que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p= 0.0069 < 0.05$), existiendo al menos un tratamiento que presentó diferencia de intensidad de infestación respecto a los demás, los resultados se presentan en el Cuadro 20. Al encontrarse diferencias estadísticas entre tratamientos se efectuó la prueba múltiple de medias Scott Knott con el 95 % de confianza lo cual se puede observar en el Cuadro 21 en donde se demuestra la agrupación del análisis.

Cuadro 20. Análisis de la varianza (SC TIPO III) para la variable dependiente Intensidad de infestación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Intensidad de Infestación	16	0.76	0.60	31.97

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.95	6	1.32	4.76	0.0186
Bloque	1.39	3	0.46	1.66	0.2438
Tratamiento	6.56	3	2.19	7.87	0.0069
Error	2.5	9	0.28		
Total	10.45	15			

Dado que en el Cuadro 20, p-valor tratamiento es menor a 0.05 se concluye que existe diferencia significativa entre tratamientos, existiendo al menos un tratamiento diferente estadísticamente a los demás, por lo cual se requirió realizar una prueba múltiple de medias para verificar cual tratamiento está generando dicha diferencia significativa. La separación de medias se muestra en el Cuadro 21 a través de una prueba de Scott & Knott.

Cuadro 21. Separación de medias por medio de Scott & Knott al 5 % sobre la variable intensidad de infestación de *D. crambidoides*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
40 millares	0.69%	4	0.26	A	
20 millares	1.53%	4	0.26		B
10 millares	1.94%	4	0.26		B
0 millares	2.44%	4	0.26		B

El análisis efectuado mostró que los tratamientos de 0 (testigo sin liberación de parasitoides), 10 mil y 20 mil parasitoides tuvieron similar efecto en la disminución de la intensidad de infestación del barrenador de caña de azúcar, siendo estadísticamente iguales. Sin embargo, la densidad del parasitoide de 40 mil individuos tuvo una diferencia significativa respecto a las demás densidades de liberación, obteniendo la intensidad de infestación más baja con 0.69 %.

2.7.3. Discusión de resultados

La biología de *C. flavipes* ha sido estudiada por varios autores, pero Gifford & Mann, (1967) determinaron que a 28.3 °C el apareo daba inicio después de la emergencia de adultos, incluso antes de alimentarse. En laboratorio de producción de parasitoides de Ingenio Santa Ana se manejó dicha temperatura por 36 horas posterior a emergencia de adultos, para garantizar un óptimo parasitoidismo en campo, los tratamientos manejados estuvieron integrados por densidades de parasitoides por hectárea de: 0, 10, 20 y 40 mil.

En cuanto a parasitoidismo siendo este el objetivo dos de la presente investigación, se obtuvieron datos finales en donde se presentó dentro del tratamiento uno, nulo efecto de parasitoidismo dado que es el tratamiento testigo al cual se liberó 0 parasitoides por hectárea, el tratamiento número dos que estaba integrado por la liberación de 10 mil

parasitoides por hectárea presentó 3.13 % de parasitoidismo, El tratamiento tres, con 20 mil parasitoides por hectárea presentó 14.92 % de parasitoidismo; y tratamiento cuatro con la liberación 40 mil parasitoides por hectárea presentó el porcentaje de parasitoidismo más alto con 16.88 % en las unidades experimentales evaluadas.

Según Mendoza *et al.* (2009), en laboratorios de cría masiva del parasitoide *C. flavipes* se ha visto afectado el parasitoidismo, el cual ha ido en disminución alcanzando un promedio de 7.50 % entre algunos ingenios azucareros. Esta disminución es atribuida a condiciones de cría, o factores biológicos específicos del parasitoide entre los que se pueden destacar condiciones climáticas, composición de la dieta, edad y calidad de la larva hospedera.

En el año 2016 se evaluaron tres dispositivos para medir el parasitoidismo de *C. flavipes* en condiciones de campo, en el cual se alcanzaron parasitoidismos de 0 % a 10 %, justificándose que los resultados se debieron a factores genéticos del parasitoide (Vallejo *et al.*, 2016). Por lo cual los resultados presentados en la presente investigación se encuentran en el rango normal de parasitoidismo en campo de *Cotesia flavipes* evaluados en otras investigaciones similares.

Se requirió determinar el potencial de este parasitoide como controlador biológico de *Diatraea*, utilizando como dato comparativo el porcentaje de intensidad de infestación dado que, según Badilla (2002) por cada 1 % de intensidad de infestación ocasionado por dicha plaga se pierde 0.819 % de peso y 0.6 kg de azúcar por tonelada de caña. En Colombia, los barrenadores del tallo constituyen la plaga de mayor importancia en el cultivo de caña de azúcar, por lo tanto, se realizaron evaluaciones de campo utilizando dos fuentes de la avispa *Cotesia flavipes* una obtenida de laboratorio del pie de cría, y otra obtenida de material recuperado en campo.

Se realizaron tres liberaciones con 4 gr de cocón que es aproximadamente 4,000 parasitoides por hectárea y se recolectaron las larvas para la determinación de parasitoidismo, el porcentaje de parasitoidismo varió entre 32 % y 55 % sin diferencia significativa entre ambas fuentes de obtención de parasitoide (Vargas, 2019).

El material utilizado en la presente investigación para cumplir con el objetivo general, fue extraído de laboratorio de producción de parasitoides, en donde se revigora el material anualmente con cocones de campo, por lo cual se descarta un mal manejo de la investigación en cuestión de material de laboratorio, existiendo revigorización del mismo constantemente.

El parasitoidismo de *Cotesia flavipes* no depende únicamente de la genética del parasitoide o condiciones ambientales al momento de liberación, también está involucrado el hospedero que en este caso fue *Diatraea crambidoides* siendo el mismo muy agresivo, asesinando a su parasitoide emitiendo regurgitación líquida el cual al caer sobre el parasitoide lo deja inmóvil, provocando la muerte (Scaglia *et al.*, 2005).

Siendo esta una posible causa del parasitoidismo por debajo del 20 % en campo por parte de *Cotesia flavipes* siendo las larvas de campo más agresivas que las larvas de laboratorio. El tratamiento de la densidad más alta de liberación de *C. flavipes* (cuarenta mil parasitoides por hectárea) obtuvo una intensidad de infestación de 0.69 % mientras que el tratamiento donde no se liberó ningún parasitoide (0 parasitoides/ha) obtuvo una intensidad de infestación de 2.44 %, existiendo una diferencia de 1.75 de porcentaje de intensidad de infestación.

Según Vargas (2019), en su investigación de la eficacia de *Cotesia flavipes* en control del Barrenador del tallo de la caña de azúcar, los altos niveles de parasitoidismo estuvieron en concordancia con una reducción de hasta 65 % de intensidad de infestación, validando que, en la presente investigación, el menor porcentaje de intensidad de infestación de *Diatraea crambidoides* estuvo ligado al mayor parasitoidismo por parte de *Cotesia flavipes*, siendo este el tratamiento de liberación de 40 mil parasitoides/ha.

El tratamiento donde no se liberó *Cotesia flavipes*, obtuvo un porcentaje promedio de 2.44 de intensidad de infestación y según Rodríguez *et al.* (2004) el nivel de daño económico del barrenador del tallo es 2.50 % de intensidad de infestación, siendo el dato muy cercano a la realidad, entendiéndose que el nivel de daño económico es la densidad de la población de

Diatraea crambidoides que causa una reducción en el rendimiento, siendo mayor que el costo del tratamiento de control que en este caso es el controlador biológico *Cotesia flavipes*, a largo plazo, la intensidad de infestación seguirá aumentando conforme se complete el ciclo biológico de *Diatraea crambidoides* y genere descendencia, por lo cual se confirma la importancia del parasitoide en control del mismo.

De acuerdo a las investigaciones previamente descritas, se rechazó la hipótesis nula de igualdad de efectos de los tratamientos sobre la variable de respuesta porcentaje de parasitoidismo, siendo el tratamiento tres (20 mil parasitoides por hectárea) y tratamiento cuatro (40 mil parasitoides por hectárea) estadísticamente iguales, no existiendo diferencia significativa en el porcentaje de parasitoidismo entre ambas densidades de liberación de *Cotesia flavipes*, estando en el rango normal de parasitoidismo en campo, sin embargo si son estadísticamente diferentes al tratamiento uno (0 parasitoides por hectárea) y tratamiento dos (10 mil parasitoides/ha).

En cuanto a la variable de respuesta intensidad de infestación el único tratamiento que obtuvo diferencia estadística significativa fue el tratamiento cuatro (40 mil parasitoides/ha), siendo el menor porcentaje de intensidad de infestación obtenido. Se confirma la hipótesis expuesta en la investigación siendo: el parasitoide *Cotesia flavipes* ejerce un mayor control del barrenador del tallo *Diatraea crambidoides* en su densidad de liberación más alta (40 mil/ha).

2.8. CONCLUSIONES

1. El parasitoide *Cotesia flavipes* tuvo mayor porcentaje de parasitoidismo sobre *Diatraea crambidoides* en la densidad de liberación más alta de 40 mil parasitoides por hectárea con un 16.88 % en las evaluaciones realizadas en condiciones de campo sin diferencias estadísticas significativas con las densidades de 20 mil y 40 mil parasitoides por hectárea.

2. Las densidades del parasitoide de 0, 10 mil y 20 mil parasitoides tuvieron estadísticamente similares efectos en la disminución de la intensidad de infestación en comparación con la liberación de 40 mil. El máximo porcentaje de intensidad de infestación de *Diatraea crambidoides* se obtuvo en el tratamiento testigo siendo este 2.44 % de intensidad de infestación donde no se liberó el parasitoide *Cotesia flavipes*, y el menor porcentaje de intensidad de infestación se obtuvo en el tratamiento con la densidad de liberación de *Cotesia flavipes* más alto (40 mil parasitoides por hectárea) con 0.69 % de intensidad de infestación.

3. La densidad de liberación de *Cotesia flavipes* efectiva para el control de *Diatraea crambidoides* fue de 40 mil parasitoides por hectárea, bajo condiciones de campo, en cañaveral con cinco meses de edad respecto al establecimiento de semilla, reduciendo hasta un 1.75 % de intensidad de infestación respecto a la nula liberación del parasitoide.

2.9. RECOMENDACIONES

1. Evaluar otras especies de parasitoides para el control de *Diatraea crambidoides* para identificar si existe mayor parasitoidismo o mayor reducción de intensidad de infestación del mismo bajo control de otras especies.
2. Evaluar una densidad de liberación de *Cotesia flavipes* arriba de 40 mil parasitoides por hectárea para verificar existencia de mayor reducción en intensidad de infestación por *Diatraea crambidoides*.

2.10. BIBLIOGRAFÍA

1. Agro Activo. s.f. *Cotesia flavipes* (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 25 mar. 2020. Disponible en <https://agroactivocol.com/producto/sanidadvegetal/insecticidas-biológicos/parasitoides-insecticidas-biológicos/cotesiaflavipes/>
2. Arboleda, B; Vargas, G. 2019. Efficacy of *Cotesia flavipes* (Himenóptera: Braconidae) in reducing *Diatraea* (Lepidoptera: Crambidae) injury in sugar cane (en línea). Florida Entomologist, 102(3):520-525. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en <https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-102/issue-3/024.102.0307/Efficacy-of-Cotesia-flavipes-Hymenoptera--Braconidae-in-Reducing-Diatraea/10.1653/024.102.0307.full>
3. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala). 2017. Evolución de la agroindustria azucarera de Guatemala: historia del azúcar en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 05 ago. 2019. Disponible en <https://www.azucar.com.gt/historia/>
4. Astola Mariscal, SZ; Narrea Cango, M. 2019. Biología y comportamiento de *Cotesia flavipes* Cameron (Braconidae) parasitoide de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Crambidae) (en línea). Ecología Aplicada 18(1). Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-2162019000100009&script=sci_arttext
5. Badilla Fernández, 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 (Costa Rica) no. 64:77-87. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6868/A2050_e.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Bernal, JS. 2007. Biología, ecología y etología de parasitoides. In Rodríguez-del-Bosque, LA; Arredondo-Bernal, HC. (eds.). Teoría y aplicación del control biológico. México, Sociedad Mexicana de Control Biológico. 303 p. Consultado 28 mar. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/257638154_Biologia_Ecologia_y_Etologia_de_Parasitoides

7. Carballo, M. 2002. Avances en el fomento de productos fitosanitarios no-sintéticos: Manejo de insectos mediante parasitoides (en línea). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) no. 66:118-122. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6533/A2023e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2015. Identificación, evaluación y control de *Diatraea* spp. (en línea). Colombia. 2 p. Consultado 18 feb. 2020. Disponible en https://www.cenicana.org/pdf_privado/plegable/evaluacion_control_Diatraea_2015.pdf

9. _____. 2017a. Eventos históricos y logros 1992-2017 (en línea). Guatemala. 105 p. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170425172313941.pdf>

10. _____. 2017b. Presentación de resultados de investigación zafra 2016-2017 (en línea). Guatemala. 659 p. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170929111950263.pdf>

11. CNEA (Comisión Nacional de Enseñanza Agropecuaria, Argentina). 2006. Niveles y umbrales de daños económicos de las plagas (en línea). 2 ed. Argentina. 47 p. Consultado 22 nov. 2019. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4123/1/208580.pdf>

12. _____. 2013. Descripción del barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* (en línea). Ecuador. Consultado 16 ene. 2020. Disponible en <http://cincae.org/areas-deinvestigacion/manejo-de-plagas/barrenador-del-tallo/>

13. FAO, Italia. 2020. Plagas y enfermedades de las plantas. (en línea). Roma, Italia. Consultado 18 ene. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/emergencias/tiposde-peligros-y-de-emergencias/plagas-y-enfermedades-de-las-plantas/es/>

14. Gifford, JR; Mann, GA. 1967. Biology, rearing and trial release of *Cotesia flavipes* in the Ronda Everglades to control the sugar cane borer. Journal of Economic Entomology 60(1):44-47. Consultado 19 mar. 2020. Disponible en <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/60/1/44/795091>

15. Global Bioeconomy Summit. 2018. Comunicado cumbre global de bioeconomía 2018 (en línea). Berlín. 20p. Consultado 28 jun. 2020. Disponible en https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/Communique%CC%81GBS_2018_final_Spanish.pdf
16. Grupo Corporativo Santa Ana, Guatemala. 2014. Nuestras certificaciones y políticas (en línea). Guatemala. Consultado 18 dic. 2019. Disponible en <https://www.santaana.com.gt/web/guest/calidad>
17. Hanson, PE; Gauld ID. 2006. Himenóptera de la región neotropical (en línea). Wisconsin, Estados Unidos. 994p. Consultado 02 sep 2020. Disponible en https://books.google.com.gt/books/about/Hymenoptera_de_la_regi%C3%B3n_neotropical.html?id=7acOAQAAMAAJ&redir_esc=y
18. Harmeling, S. 2011. Global climate risk index 2012 (en línea). Alemania. 28 p. Consultado 05 ago. 2019. Disponible en <https://germanwatch.org/es/3667>
19. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 2015. El barrenador del tallo de la caña, *Diatraea* spp. (en línea). Colombia. Consultado 08 mayo 2020. Disponible en <https://www.ica.gov.co/getattachment/5540fcfd-f870-411a-a1fa-6574dc8bd0a8/elbarrenador-de-la-cana.aspx>
20. ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, Guatemala). 2020. Sistema de información meteorológica: Estaciones automáticas en el Pacífico de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 11 mayo 2020. Disponible en <https://redmet.icc.org.gt/login>
21. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 1999. Clasificación de tierras por capacidad de uso: Aplicación de una metodología para tierras de la república de Guatemala (en línea). Guatemala. 96 p. Consultado 07 ago. 2019. Disponible en http://portal.inab.gob.gt/images/centro_descargas/manuales/Clasificaci%C3%B3n%20de%20tierras%20por%20capacidad%20de%20uso.pdf
22. INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura, México). 2016. Manejo integrado de plagas y enfermedades de la caña de azúcar (en línea). México. Consultado 19 mayo 2020. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-la-cania>

23. Larios J; González M; Carpenter J; Molina J. 2004. Natural Distribution of Hymenopteran parasitoids of lepidoptera (en línea). México. Consultado 16 may 2020. Disponible en [https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-87/issue-4/0015-4040\(2004\)087%5B0461%3ANDOHPO%5D2.0.CO%3B2/NATURAL-DISTRIBUTION-OF-HYMENOPTERAN-PARASITIDS-OF-span-classgenus-speciesSPODOPTERA-FRUGIPERDA/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0461:NDOHPO\]2.0.CO;2.full](https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-87/issue-4/0015-4040(2004)087%5B0461%3ANDOHPO%5D2.0.CO%3B2/NATURAL-DISTRIBUTION-OF-HYMENOPTERAN-PARASITIDS-OF-span-classgenus-speciesSPODOPTERA-FRUGIPERDA/10.1653/0015-4040(2004)087[0461:NDOHPO]2.0.CO;2.full)
24. Laboratorios BIOCOL (Laboratorios Biológicos de Colombia). s.f. *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) (en línea). Colombia. Consultado 16 feb. 2020. Disponible en <http://laboratoriosbiocol.com/cotesia-flavipes/>
25. López Bautista, EA. González Ramírez, BH. 2018. Diseño y análisis de experimentos: Fundamentos y aplicaciones en agronomía. 2 ed. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 74-75. Consultado 13 mar. 2020. Disponible en https://issuu.com/bandontherun/docs/texto_dise_o_analisis_experimentos_ezeq-uiel_lopez
26. Márquez, JM; López, E. 2002. Nivel de daño económico para las plagas de importancia en caña de azúcar y su estimación con base en un programa diseñado por CENGICAÑA. *In* Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2005-2006. Guatemala, CENGICAÑA. p. 194-200.
27. Mendoza, J; Gualle, D; Gómez, P; Ayora, A; Martínez, I; Cabezas, C. 2011. Progresos en el manejo de plagas de la caña de azúcar en Ecuador (en línea). Ecuador, CINCAE, Manejo Integrado de Plagas. 15 p. Consultado 20 feb. 2020. Disponible en http://aeta.org.ec/2do%20congreso%20cana/art_campo/MENDOZA%20cana.pdf
28. Michigan University. 2014. Animal Diversity Web (en línea). Estados Unidos. 1p. Consultado 02 sep. 2020. Disponible en http://animaldiversity.org/accounts/Diatraea_crambidoides/classification/
29. Myers, P; Espinosa, R; Parr, CS; Jones, T; Hammond, GS; Dewey, TA. 2020. *Diatraea crambidoides* (en línea). Michigan, Estados Unidos, The Animal Diversity Web. Consultado 26 mar. 2020. Disponible en https://animaldiversity.org/accounts/Diatraea_crambidoides/classification/

30. Ortiz, A. 2009. Determinación del radio de dispersión de *Cotesia flavipes* para control del barrenador (*Diatraea saccharalis*) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (en línea). Guatemala, Ingenio Palo Gordo, Departamento de Plagas. 8 p. Consultado 26 mar. 2020. Disponible en <https://www.atasal.org/wp-content/uploads/2010/07/Determinacion-del-radio-de-dispersion-de-Cotesia-flavipes.docx>
31. Pec Hernández, MM. 2015. Preferencia de parasitismo de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae), sobre diferentes instares de *Diatraea crambidoides* Grote (Lepidoptera: Crambidae). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 112 p.
32. Pec, M. 2017. Dinámica poblacional de adultos del barrenador del tallo de la caña de azúcar (en línea). Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala, AgroMIP. 26p. Consultado 20 mar. 2020. Disponible en <http://www.agromip.com.gt/ponencias%20/CONFERENCIAS%20SALON%20PLATA/2.%20Presentacion17MIPMarvinPec.pdf>
33. PNUD, Guatemala. 2013. Enfoque de la vulnerabilidad a la resiliencia y al desarrollo humano (en línea). Guatemala. Consultado 12 set. 2019. Disponible en http://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/ourwork/environmentandenergy/in_depth.html
34. Rodríguez, DA. 2011. Fitoprotección de la caña de azúcar (en línea). México, Unión Nacional de Cañeros. Consultado 16 oct. 2019. Disponible en http://caneros.org.mx/site_caneros/
35. Rodríguez, V; Chavarría, L; Gómez, I. 2004. Desarrollo del parasitoide *Cotesia flavipes* Cámeron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) en *Diatraea tabernella* Dyar y *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Pyralidae), y su efectividad en el control de *Diatraea tabernella*. *Tecnociencia* 6(1):85-94. Consultado 14 nov. 2019. Disponible en <http://uprid.up.ac.pa/843/1/Tecnociencia%20Articulo%208%206%281%29%2004.pdf>
36. Romero, F. 2004. Manejo integrado de las plagas: Las bases, los conceptos, su mercantilización (en línea). Texcoco, México, Universidad Autónoma de Chapingo, Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad. 109 p. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manejo%20de%20Plagas.pdf>

37. SAGARPA (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, México). 2011. Ficha técnica barrenador del tallo de la caña de azúcar (en línea). México. p. 16. Consultado 05 ene. 2020. Disponible en https://www.academia.edu/19673822/FICHA_TECNICA_BARRENADOR_DE_LA_CANA_DE_AZUCAR
38. Scaglia, M; Chau-Netto, J; Ceregato, S; Gobbi, N; Rodríguez, A. 2005. Ovoposition sequence and offspring of mated and virgin females of *Cotesia flavioes* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Diatraea saccharalis* larvae (Lepidoptera: Crambidae) (en línea). *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases* 11(3):283-298. Consultado 18 feb. 2020. Disponible en https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1678-9199&lng=en&nrm=iso
39. Shelby, K; Webb, B. 1999. Polydnavirus-mediated suppression of insect immunity (en línea). *Journal of Insect Physiology* 45(10):965. Consultado 31 mar. 2020. Disponible en <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US201302919602>
40. Soto, ER. 2018. Evaluación de la producción de variedades de caña de azúcar de maduración temprana. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 56 p.
41. Vallejo, C; Salamanca, L; Echeverri Rubiano, C; Manzano, M; Vargas, G. 2016. Medición de parasitismo de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Diatraea indigenella* Dyar & Heinrich (Lepidoptera: Crambidae) en cultivos de caña de azúcar (en línea). Colombia, Universidad Nacional de Colombia / CENICAÑA. Consultado 30 mar. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/306886616_Medicion_del_parasitismo_de_Cotesia_flavipes_Cameron_Hymenoptera_Braconidae_sobre_Diatraea_indigenella_Dyar_Heinrich_Lepidoptera_Crambidae_en_cultivos_de_cana_de_azucar



CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C. A.



3.1. PRESENTACIÓN

El cultivo de caña de azúcar comenzó a cultivarse en Guatemala en el año 1536, la industria azucarera pasó de ser local a ser una industria de exportación, convirtiéndose en una de las actividades agroindustriales más importantes en Guatemala (CENGICAÑA, 2017).

La productividad de la caña de azúcar, ha mejorado en los últimos 20 años según CENGICAÑA, (2017) esta productividad está ligada a distintas labores que se han mejorado con el tiempo, entre ellas el manejo integrado de plagas, el cual es una estrategia que busca controlar las plagas, enfermedades y malezas que afectan el cultivo principal, con un enfoque sustentable. Esta práctica minimiza el impacto económico y ambiental.

Controlar las plagas por medio de un manejo integrado de plagas es de suma importancia, esto es debido a que la densidad poblacional está incrementando anualmente. Teniendo Guatemala una de las tasas más altas de crecimiento poblacional de América Latina con un 2.4 % anual (CINCAE, 2013). Por lo tanto, la demanda de alimentos aumentará, y los productores agrícolas deben incrementar sus rendimientos en la misma superficie, protegiendo la biodiversidad del planeta y minimizando las pérdidas económicas debido a las plagas.

Según Bernal (2007) la bioeconomía está definida por el estudio entre las densidades de las plagas, el daño de los hospederos y las pérdidas económicas.

Apartir del diagnóstico se determinaron la realización de investigaciones como parte del ejercicio profesional supervisado, el departamento técnico agrícola y la unidad de proyectos de investigación oriento dichas evaluaciones hacia el uso de distintas técnicas para el manejo de las plagas del cultivo de caña de azúcar de una manera sustentable. Lo planificado se realizó en laboratorio de control de calidad y en las regiones cinco y seis de Ingenio Santa Ana, se adjuntan como comprobantes los artículos en los anexos 3.2, 3.3, 3.4 Y 3.5.

3.2. SERVICIO 1: Determinación de la tasa de potencia del rodenticida CONTROL RAT® sobre población de *Sigmodon hispidus*, bajo condiciones controladas, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.

En caña de azúcar los perjuicios causados a los tallos por los roedores (*Sigmodon hispidus*) pueden llegar a ser totales en casos de alta infestación, según Márquez (2002), el factor de pérdida es 0.5 TCH/ 1 % de infestación, con un umbral económico de 6 % de tallos dañados; la infestación se ve afectada básicamente por la alta tasa de reproducción en condiciones favorables. Para perfeccionar los programas utilizados en Ingenio Santa Ana, se planteó evaluar la tasa de potencia del rodenticida Control Rat® en población de *Sigmodon hispidus* mediante el conocimiento de la mortalidad diaria, tiempo letal 50 y 90 en días. Para el efecto se evaluó el cebo utilizado en Ingenio Santa Ana con 0.05 g de i.a. en ratas individuales colocadas en jaulas y condiciones semi-controladas en un galpón. Las ratas bajo tratamiento se les proporcionó cebo y agua, posterior al consumo total del cebo, se procedió a realizar un manejo normal con alimentación e hidratación hasta el día de su mortalidad, a las ratas testigo solo se proporcionó alimento y agua. Objetivo: Evaluar la tasa de potencia del rodenticida Control Rat® en población de *Sigmodon hispidus*. Condiciones: La unidad experimental consistió en una jaula con área de 0.15 m² la cual contuvo una rata *Sigmodon hispidus*. Resultados: La población de *Sigmodon hispidus* bajo tratamiento fue evaluada para determinar la tasa de potencia del rodenticida Control Rat®, generando un tiempo letal cincuenta de 2.857 días y un tiempo letal noventa de 7.43 días. Evaluación del servicio: El rodenticida Control Rat® en población de *Sigmodon hispidus* ejerció un efecto supresor, generando la tasa de potencia del mismo.

El roedor *Sigmodon hispidus*

Esta especie de roedor tiene gran importancia agrícola, debido al daño ocasionado específicamente en caña de azúcar, de donde proviene su nombre común “rata cañera”. Entre sus características principales está su cuerpo robusto, coloración café a gris.

El tamaño del cuerpo y cabeza es de 12 a 15 cm y su cola de 7 a 10 cm, siendo estas especies muy fecundas, generando de 2 a 12 crías al año. Las crías maduran sexualmente a los 2 o 3 meses (CINCAE, 2013).

Comúnmente su actividad es nocturna, en condiciones de alta infestación puede ser diurna. Su hábitat idóneo lo constituyen pastos o arbustos. En época seca construyen sus madrigueras formando nidos redondos bajo densa vegetación. Su longevidad es de dos a cinco años, sin embargo, es difícil que una rata en condiciones de campo sobreviva más de un año, siendo su promedio de vida de seis meses (Godoy, 2014).

Ataca preferentemente la caña madura y entrenudos basales, sí el daño se presenta en las yemas, se ve afectado el material para la siembra. Los daños se presentan desde el segundo mes del cultivo y con mayor intensidad en áreas donde carece de agua y alimento, termina 15 días antes del corte. El daño directo de esta plaga es pérdidas de peso y jugo del tallo, reduciendo notablemente la productividad de toneladas de azúcar por hectárea (CINCAE, 2013).

Actualmente se buscan alternativas de control, dado que en Ingenio Santa Ana se utilizan trampas tipo golpe de madera, para atraparlas, y estimar la infestación encontrada, para con ello tomar acción con los cebos de rodenticida. Tal es el caso del rodenticida Control Rat®; cuyo ingrediente activo es Bromadiolona, molécula perteneciente a la familia de las hidroxycumarinas, presenta actividad anticoagulante por vía oral actuando como inhibidor competitivo de la vitamina K, generando derrames internos localizados, que llevan a la muerte al roedor.

Un efecto supresor se conoce como la acción de destruir o erradicar en este caso una población, para dar respuesta al tiempo letal 50 el cual es el tiempo determinado en el que una población sometida a tratamiento, tiene una mortalidad del 50 % (Agrochem , 2014).

3.2.1. MARCO REFERENCIAL

Grupo Corporativo Santa Ana está ubicado en el km 64.5 carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, coordenadas son 14° 14' 34.7" Latitud Norte y 90° 50' 35.8" Longitud Oeste. El área de estudio se localiza en la finca Cerritos, esta se encuentra dentro de la red interna del ingenio, perteneciente a la región 6 de grupo corporativo Santa Ana. Las condiciones climáticas para el área experimental presentan una temperatura promedio anual de 25.65 °C. Precipitación pluvial alrededor de 2,000 a 3,000 mm/año, la humedad relativa promedio anual es de 89 % (Márquez & López, 2002).

En estadística, un modelo Probit es un tipo de regresión donde la variable dependiente puede tomar solo dos valores en este caso muerta o no muerta, esto con el fin de determinar un tiempo en días donde el 50 % de la población llega a su mortalidad y el 90 % para tiempo letal 90 (IBM Knowledge Center).

3.2.2. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar la tasa de potencia del rodenticida Control Rat® en población de *Sigmodon hispidus*. bajo condiciones controladas en la Finca Cerritos, área central del Ingenio Santa Ana.

B. Objetivos específicos

1. Determinar si el rodenticida Control Rat® ejerce un efecto supresor sobre las poblaciones de *Sigmodon hispidus*.
2. Determinar el tiempo letal 50 y tiempo letal 90 de las poblaciones de *Sigmodon hispidus*.

3.2.3. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos se plantearon los tratamientos que se describen en el cuadro 22.

Cuadro 22. Descripción de tratamientos a ser evaluados.

Tratamiento	Descripción	Dosis/rata
T1	Testigo	-
T2	Rodenticida Control Rat [®]	10 g

Fuente: elaboración propia, 2019.

A. Descripción de manejo de cada tratamiento evaluado

- a. Tratamiento testigo: Alimentación (20 g de maíz quebrantado por día) e hidratación (30 ml/día) durante el experimento.
- b. Tratamiento Alimentación con cebo de rodenticida Control Rat[®]: se dejaron sin alimento, pero con hidratación por un día, posterior a ello se les brindó el cebo de 10 g/rata el cual contiene 0.05 g de Bromadiolona como ingrediente activo. Se observó la fecha de consumo de cebo, posterior al consumo total del cebo se les brindó alimentación normal (20 g de maíz quebrantado/día) e hidratación (30 ml/día).

B. Procedimientos

- a. Colecta de ratas (*Sigmodon hispidus*): fue realizada en la región seis del Ingenio Santa Ana debido a la alta población que presentó en el monitoreo que se realiza como parte del programa de manejo integrado de plagas.
- b. Al tener colectadas la cantidad deseada de ratas (Figura 56A), se procedió a colocarlas cada una en una trampa para ratas y pesarlas, con base a los pesos (en gramos) se ordenaron las ratas de mayor a menor, para determinar el límite inferior y superior el cual fue determinado por medio de una desviación estándar, las ratas con el peso fuera de esos límites constituyeron los testigos. Las ratas con el peso dentro de los límites conformaron el tratamiento dos (alimentación con cebo).
- c. Se utilizaron 41 unidades experimentales, conformada por jaulas de madera y malla metálica (Figura 57A Y 58A) de: 0.5 m de largo, 0.3 m de ancho, 0.25 m de alto, la cual contuvo una rata *Sigmodon hispidus*.
- d. El cebo fue proporcionado por la planta productora de cebo del Ingenio Santa Ana, los cebos están compuestos por 19 kg de maíz amarillo quebrantado, 1 kg de rodenticida, y 300 ml de aceite de pescado, el cual es preparado en una mezcladora esparciendo cuidadosamente el rodenticida sobre el grano de maíz, luego en una probeta se miden los 300 ml de aceite de pescado e incorpora a la mezcla, se coloca la tapadera y se mezclan los productos por 40 min para homogenización, posterior al tiempo de mezcla se colocan 10 gramos por bolsita individual (Figura 59A), lo cual fue la dosis para cada unidad experimental, garantizando de esta forma un 5 % de i.a. lo cual es equivalente a 0.05 g.
- e. Se realizaron observaciones diarias para anotar sintomatología de las ratas bajo tratamiento, anotando día de consumo de cebo (Figura 59A) y día de muerte de cada una (Figura 61A).

C. Variables

Mortalidad diaria expresada en porcentaje

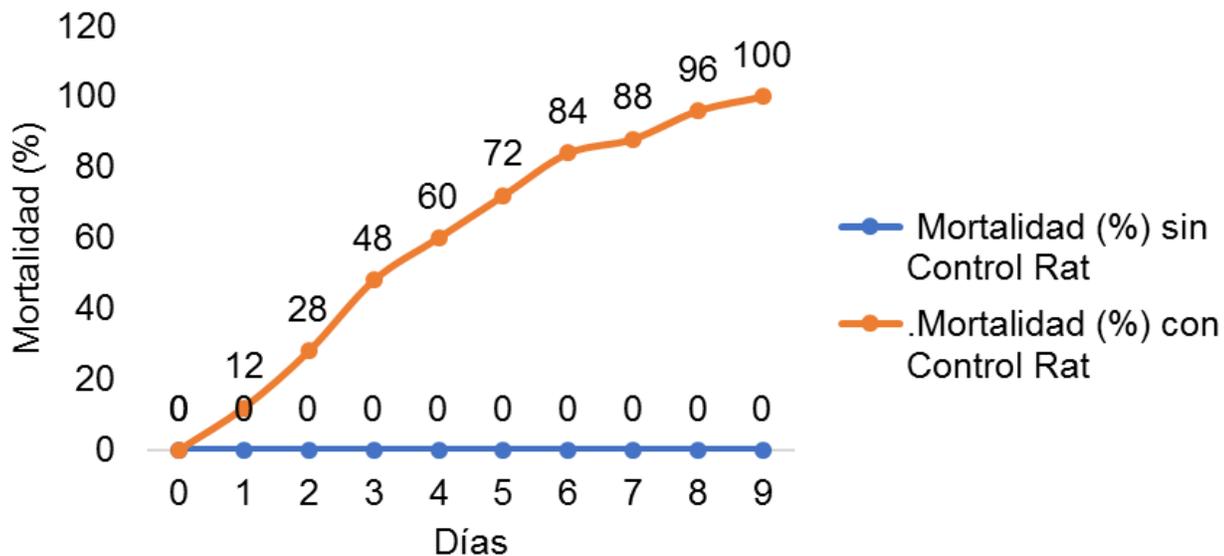
- a. tiempo letal 50 en días
- b. tiempo letal 90 en días

Se llevó un registro de las ratas que presentaron mortalidad después del consumo de cebo, luego se procedió a realizar el modelo de regresión Probit para determinar tiempo letal 50 y tiempo letal 90.

3.2.4. RESULTADOS

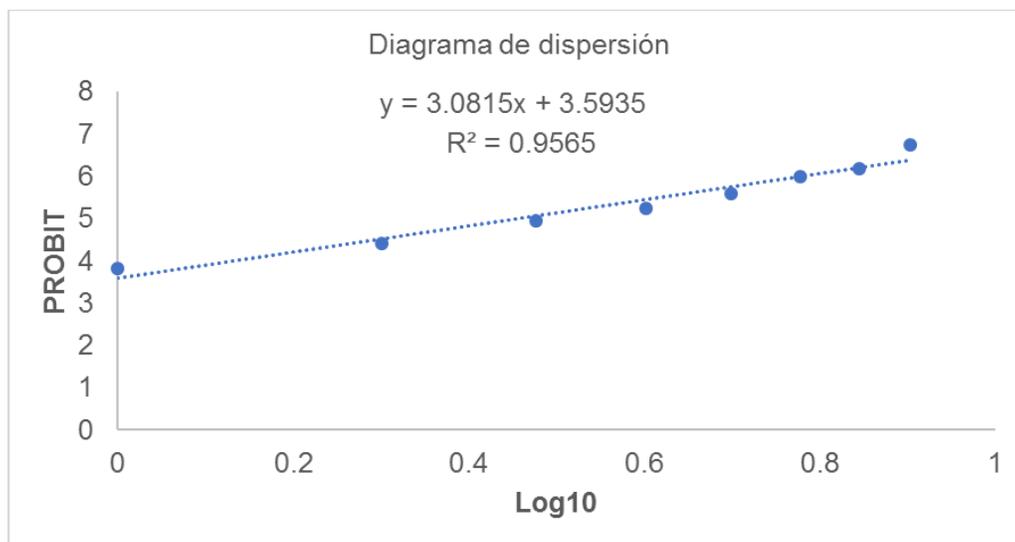
A. Determinar si el rodenticida Control Rat[®] ejerce un efecto supresor sobre las poblaciones de *Sigmodon hispidus*.

En la Figura 54 se presentan los resultados de mortalidad acumulada de las ratas bajo tratamiento y las ratas testigo. En la Figura 55 se presentan el diagrama de dispersión del modelo de regresión Probit.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 54. Porcentaje de mortalidad de *Sigmodon hispidus* para determinación de tasa de potencia del rodenticida CONTROL RAT® Bajo condiciones controladas, Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 55. Diagrama de dispersión prueba Probit, Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala.

B. Determinar el tiempo letal 50 y tiempo letal 90 de las poblaciones de *Sigmodon hispidus*.

Tiempo letal 50= 2.857 días

Tiempo letal 90= 7.4 días

El rodenticida Control Rat® tiene como ingrediente activo Bromadiolona, la cual presenta actividad anticoagulante por vía oral, esto significa que diluyen la sangre, por lo cual uno de los síntomas identificados en las ratas bajo tratamiento fue sangrado por la nariz y boca, así mismo este ingrediente activo actúa como inhibidor competitivo de la vitamina K, generando derrames internos localizados. El tiempo letal 50 es de tres días aproximadamente, y el tiempo letal 90 es de 7 días.

3.2.5. EVALUACIÓN DEL SERVICIO

1. El uso del rodenticida Control Rat® puede ejercer un efecto supresor sobre las poblaciones de *Sigmodon hispidus*.
2. El tiempo letal 50 y 90 de las poblaciones de *Sigmodon hispidus* observado fue 2.857 y 7.43 días respectivamente con lo cual se pudo definir la tasa de potencia del rodenticida Control Rat.

El uso de los resultados obtenidos será destinado para control de *Sigmodon hispidus* a nivel de campo, se recomienda aumentar el porcentaje de ingrediente activo por rata, para determinar si existe una reducción significativa en el tiempo letal, para ser utilizados en áreas de alta infestación donde se requiera inmediato control.

3.2.6. BIBLIOGRAFÍAS

1. AgroChem. 2014. Hoja técnica de ingrediente activo Bromadiolona (en línea). Barcelona, España. Consultado 13 oct. 2019. Disponible en <http://www.agrochem.es/es/productos/tipo/control-plagas-enfermedades/raticidas/bromadiolona>
2. CINCAE (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador). 2013. Descripción del barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* (en línea). Ecuador. Consultado 16 ene. 2020. Disponible en <http://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/barrenador-del-tallo/>
3. Godoy, AE. 2014. Importancia económica de la rata cañera en plantaciones de caña de azúcar (en línea). Tesis Ing. Agr. Escuintla, Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 55 p.
4. IBM Knowledge Center. s.f. Regresión Probit (en línea). Consultado 13 feb. 2020. Disponible en https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSLVMB_sub/statistics_main_help_ddita/spss/regression/idh_prob.html
5. Márquez, JM; López, E. 2002. Nivel de daño económico para las plagas de importancia en caña de azúcar y su estimación con base en un programa diseñado por CENGICAÑA. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2005-2006. Guatemala, CENGICAÑA. p. 194-200.
6. Weather Spark. 2017. El clima promedio en Escuintla, Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 16 set. 2019. Disponible en <https://es.weatherspark.com/y/11685/Clima-promedio-en-Escuintla-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>


 TESIS DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN
 * REVISIÓN *
 FAUSAC
 Polando Ramirez

3.2.7. ANEXOS



Figura 56A Recolección de Roedores.



Figura 57A Identificación de Jaula experimental.



Figura 58A Interior de unidades experimentales.



Figura 59A Cebo de rodenticida.



Figura 60A Consumo de Cebo.



Figura 61A Sintomatología de Mortalidad.

3.3. SERVICIO 2: Evaluación de un aislamiento para ser utilizado como feromona sexual atrayente de *D. crambidoides*, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.

El uso de feromonas resulta una opción viable para el control mediante el monitoreo de adultos de barrenador del tallo (*D.crambidoides*), permitiendo proyecciones de las poblaciones plaga, por ello se realizó la evaluación de un aislamiento el cual contiene una sustancia química generada a partir de una feromona sexual, que activa los receptores sensoriales de un insecto con el propósito de conocer si contribuye en la captura de machos de barrenador *D. crambidoides* a nivel de campo. La investigación se realizó en el lote 210, finca La Viña, y lote 509, finca California, Ingenio Santa Ana. En cada lote se colocaron 30 trampas tipo Heliotis, distribuidas en un cañaveral de 45 días y un cañaveral de 289 días, durante 20 días se registró la cantidad de barrenadores. Los machos capturados acumulados a los 20 días en los diferentes tratamientos: En un cañaveral de 280 días localizado en Lote 210 de finca La Viña se obtuvo en el tratamiento hembra virgen un total de 428 capturados, y en feromona sexual "A" 15 capturados. En un cañaveral de 45 días localizado en lote 509 finca California se obtuvo en el tratamiento hembra virgen un total de 16 capturados, y en feromona sexual "A" tres capturados. Conclusiones: El tratamiento hembra virgen presentó diferencia significativa en comparación con el tratamiento feromona sexual "A" teniendo mayor número de capturados la hembra virgen.

Las plagas en el cultivo de caña de azúcar son de importancia debido a que reducen la productividad del cultivo, generando daños indirectos o directos. Una de las plagas importantes de la caña de azúcar es el barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*) con un factor de pérdida de 0.36 kg de azúcar por tonelada con 1 % de intensidad de infestación, el umbral económico se encuentra en 7 % de intensidad de infestación, las especies del género *Diatraea* son las de mayor importancia económica y mayor distribución geográfica en Guatemala (Márquez, 2015).

Diatraea es un género de lepidópteros que pertenecen al grupo conocido como barrenadores del tallo de la caña de azúcar. El daño que causa es la pérdida del peso de los tallos y en algunos casos los lleva a la muerte (CENGICAÑA, 2005).

El control de la plaga se ha realizado mediante los principios del manejo integrado que incluye el muestreo sistemático de los campos y control biológico cuyo propósito es mantener las poblaciones de plaga a niveles bajos y atender las áreas cuando se detectan brotes.

Los hábitos del barrenador son nocturnos con un tamaño de 2 a 4 cm, las hembras colocan de 50 a 60 huevos durante su vida, las posturas de huevos son colocadas en el haz o envés de las hojas y en algunos casos adheridas al tallo siendo color blanco lechoso de 1 mm de diámetro, las larvas emergen y se alimentan del cogollo, posteriormente descienden a las axilas de las hojas e inicia el daño en el tallo de la caña de azúcar, completando su desarrollo larval dentro de la galería formada en el tallo (CINCAE, 2013). La clasificación taxonómica de barrenador del tallo se presenta a continuación:

Clase: Insecta

Orden: Lepidóptera

Familia: Crambidae

Género: *Diatraea*

Especies: *Diatraea crambidoides* (Myers, y otros, 2020).

Cada plaga tiene su ciclo biológico y un número de generaciones al año, por lo cual es necesario conocer con exactitud en cada zona cuales son los momentos en que está activa la plaga en estado adulto, que suele variar en función de las temperaturas del hábitat donde se encuentre. La utilización de feromonas sexuales necesita el empleo de una trampa adecuada o difusor (Figura 62) para el tamaño del insecto, comportamiento, nivel de población y medio en el que se colocará. Las trampas quedan activadas una vez que se coloca el difusor de feromona en las mismas (ECONEX difusores y trampas, 2019).



Fuente: ECONEX difusores y trampas, 2019.

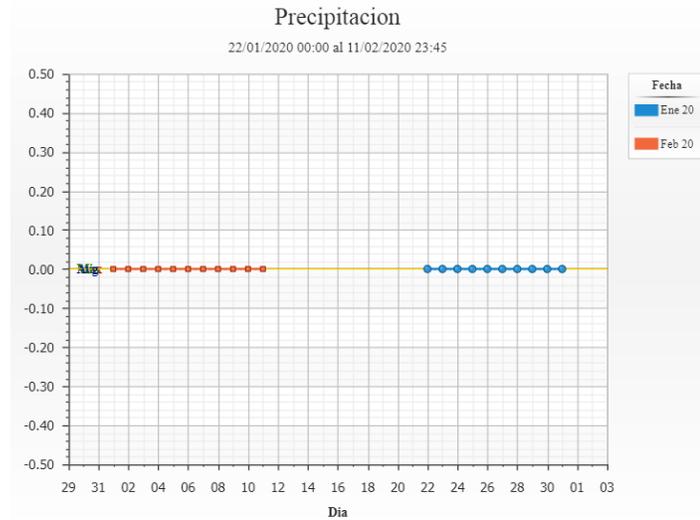
Figura 62. Tipos de difusores de feromona sexual.

Para el almacenamiento de los difusores se recomienda mantenerlos por debajo de 25 °C y aislados de luz solar.

3.3.1. MARCO REFERENCIAL

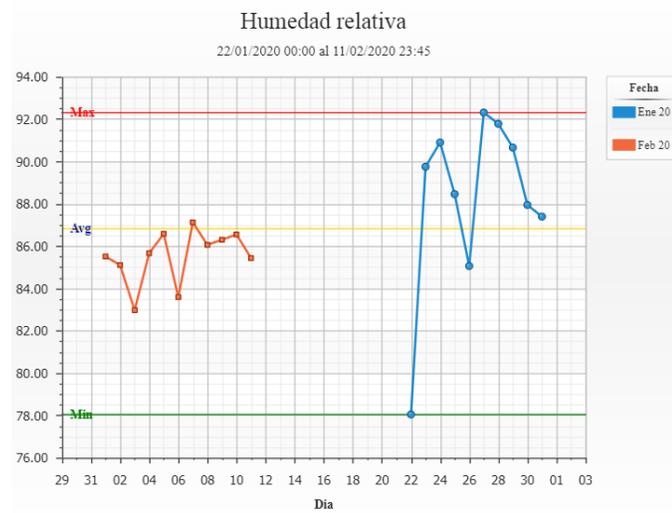
El área de estudio se localiza en la finca California, perteneciente a la región cinco de Grupo Corporativo Santa Ana, localizada en km 88 carretera a Taxisco, Santa Rosa, teniendo ingreso por terracería.

La investigación presente fue realizada del 22 de enero del 2020 al 11 de febrero del 2020, para conocer las condiciones climáticas durante la investigación se utilizó como referencia la estación meteorológica finca San Rafael propiedad del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) (Figuras 63, 64, 65 y 66) para mayor análisis de las condiciones climáticas durante la investigación.



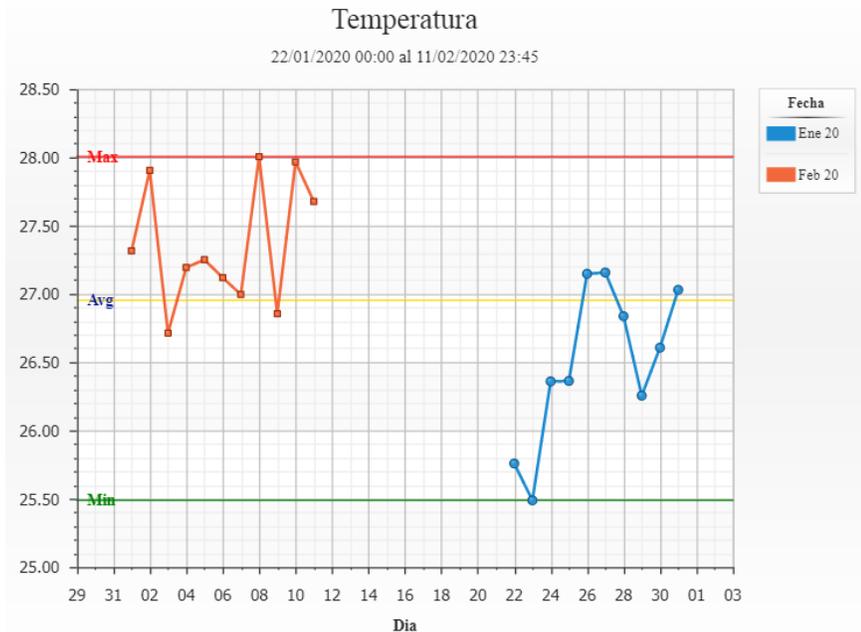
Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), 2020.

Figura 63. Precipitación del 22 de enero al 11 de febrero del 2020.



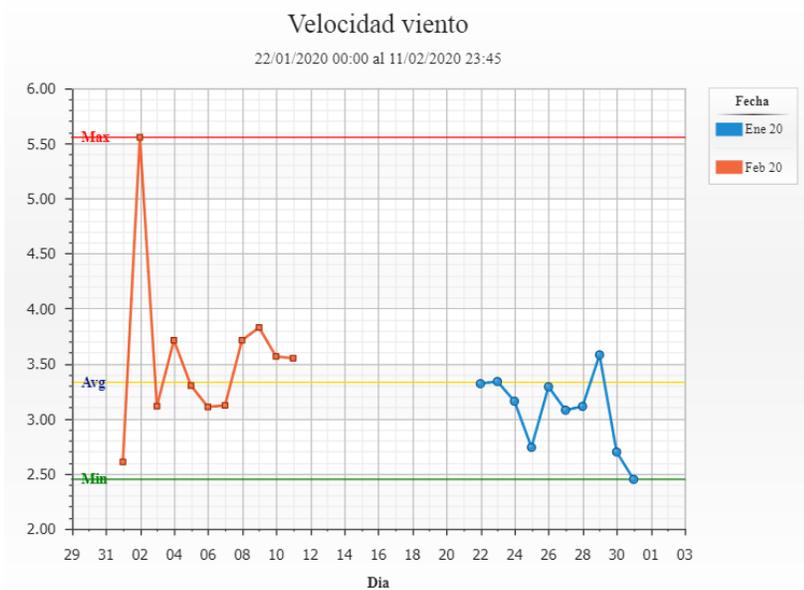
Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), 2020.

Figura 64. Humedad relativa del 22 de enero al 11 de febrero del 2020.



Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), 2020.

Figura 65. Temperatura del 22 de enero al 11 de febrero del 2020.



Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), 2020.

Figura 66. Velocidad del viento del 22 de enero al 11 de febrero del 2020.

3.3.2. OBJETIVO

Evaluar la eficiencia de la feromona sexual “A” en comparación con hembra virgen de *Diatraea crambidoides* en la atracción de machos adultos del barrenador del tallo para estimar su población en el control integrado de la plaga.

3.3.3. METODOLOGÍA

Los tratamientos se describen en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Tratamientos evaluados para la captura de adultos de barrenador (*D. crambidoides*).

Tratamiento	Descripción
T1	Vaso tipo jaula con Feromona sexual “A”
T2	Vaso tipo jaula con Hembra virgen

Fuente: elaboración propia, 2020.

Se procedió a colocar las hembras vírgenes y las feromonas sexuales (Figura 69A y 70A) dentro de los vasos tipo jaulas al igual que las hembras vírgenes para facilitar su manejo en campo, además se utilizaron guantes de látex para su manipulación.

A. Procedimientos

- a. Se seleccionó los 2 lotes que según los muestreos de cosecha de gestión de calidad el lote 210 de finca la Viña con 289 días de edad tuvo intensidad de infestación de 2.98 % y el lote 509 de finca California con 45 días de edad tuvo intensidad de infestación de 3.33 % de barrenador del tallo.

- b. Posteriormente se elaboró el croquis mediante ArcMap®, esto con el fin de establecer el punto en el cual se ubicaron cada una de las trampas Heliotis la distribución se realizó de manera equidistante con una distribución en bloques al azar dentro del área, la distancia entre heliotis fue de 5 m x 10 m entre cada una.

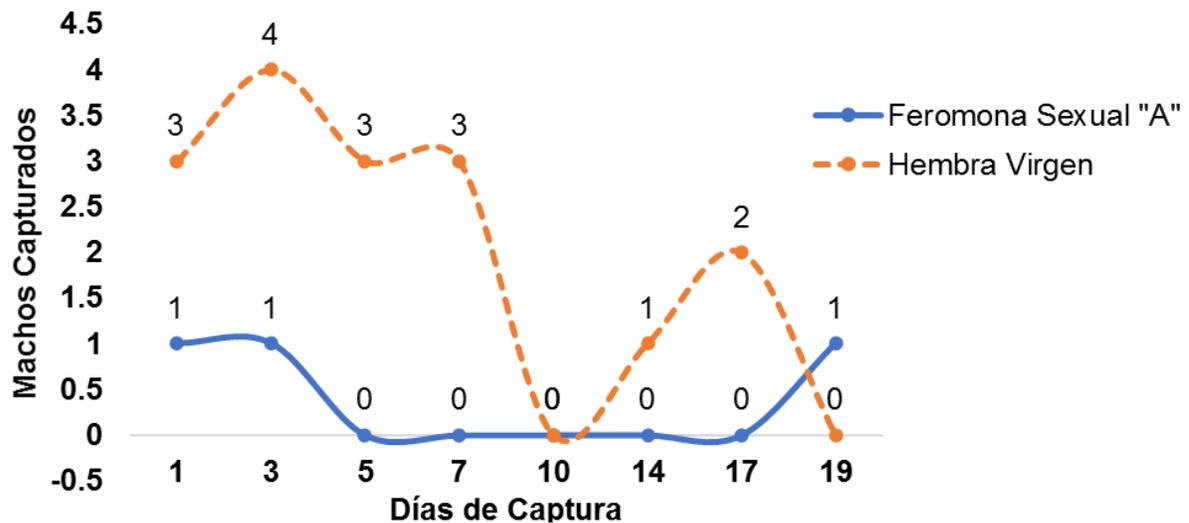
- c. Habiendo establecido los puntos se procedió a colocar las trampas Heliotis (Figura 71A), para ello se hizo uso de la aplicación Avenza Maps®.

- d. Las trampas fueron monitoreadas durante 20 días, contabilizando machos capturados en cada día y llevando un registro de cada Heliotis, luego se procedió a realizar el análisis de los supuestos estadísticos y el análisis de la varianza.

3.3.4. RESULTADOS

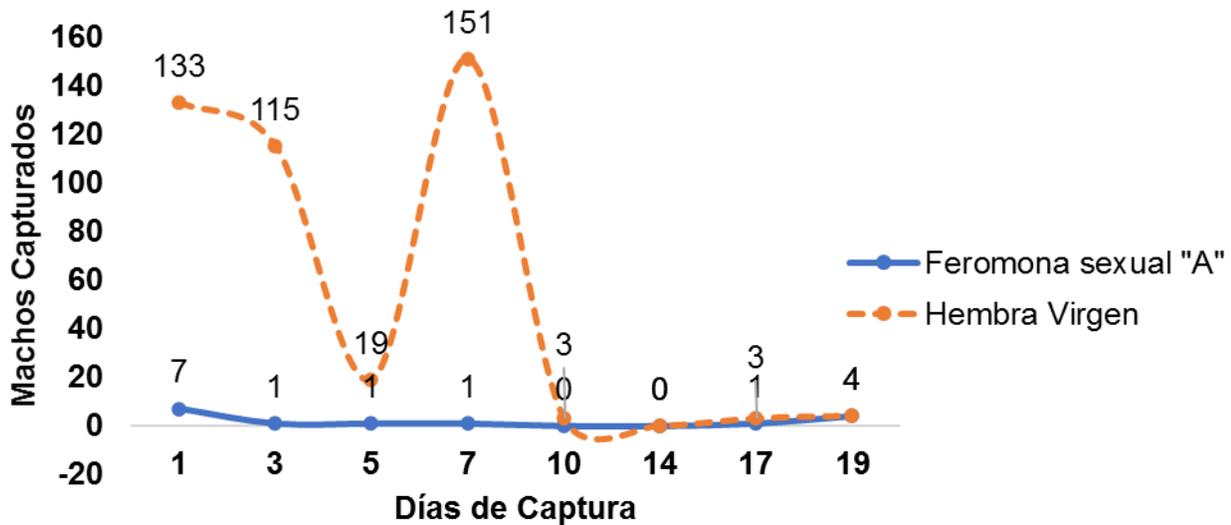
A. Evaluar la eficiencia de la feromona sexual "A" en comparación con hembra virgen de *Diatraea crambidoides* en la atracción de machos adultos del barrenador del tallo para estimar su población en el control integrado de la plaga.

En la Figura 67 se presentan los resultados obtenidos en cañaveral de 45 días en lote 509, finca California por tratamiento y días de monitoreo de Heliotis. En la Figura 68 se presentan los resultados obtenidos en cañaveral de 280 días en lote 210, finca La Viña.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 67. Machos capturados de *Diatraea crambidoides* en cañaveral de 45 días, con feromona sexual y hembra virgen. Lote 509, California, Ingenio Santa Ana.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 68. Machos capturados de *Diatraea crambidoides* en cañaveral de 280 días, con feromona sexual y hembra virgen. Lote 210, finca La viña, Ingenio Santa Ana.

Bajo condiciones de 26 a 27 °C, una humedad relativa del 80 % y un fotoperiodo de 12/12 hr; el ciclo biológico completo de *Diatraea crambidoides* es de 36 a 40 días, al aumentarse la temperatura, el ciclo biológico disminuye en días, tomando en cuenta que el promedio de temperaturas durante la investigación fue de 25 a 28 °C, y teniendo los adultos un tiempo de vida de 2 días, se concluye que del tercer al séptimo días de captura se obtuvo la mayor cantidad de machos, pero debido a que en cada día de observación los machos capturados eran eliminados, se provocó una disminución de la población de *D. crambidoides* cortando el ciclo biológico del mismo, reduciendo la cantidad de machos capturados a los 20 días.

Resultados de machos capturados durante un periodo de 20 días

Cañaveral 280 días

Hembra virgen	428
Formulación A	15

Según el análisis de los supuestos de normalidad, el test de Shapiro Wilks para la determinación de supuesto de normalidad de la variable dependiente machos capturados (Cuadro 24A) se determinó que p-valor es menor a 0.05 por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos no siguen una distribución normal, se procede a realizar el método no paramétrico Kruskal-Wallis.

Al realizar la prueba de Kruskal-wallis (Cuadro 25A) se determinó que el p-valor es menor a 0.05 por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no todas las medianas de población son iguales. Se procede a realizar una comparación múltiple de medias de a pares Kruskal-Wallis de la variable de respuesta machos capturados (Cuadro 26A).

Los datos están organizados en lista descendente, Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), existiendo diferencia entre ambos tratamientos, por lo cual el tratamiento con menos machos capturados es el tratamiento de feromona sexual “A”, siendo estadísticamente mejor el tratamiento con formulación hembra virgen, presentando mayor número de machos capturados.

Cañaveral 45 días

Hembra virgen	428
Formulación a	15

Según el análisis de los supuestos de normalidad, el test de Shapiro Wilks para la determinación de supuesto de normalidad de la variable dependiente machos capturados (Cuadro 27A) se determinó que p-valor es menor a 0.05 por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos no siguen una distribución normal, se procede a realizar el método no paramétrico Kruskal-Wallis (Cuadro 28A).

Dado que p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no todas las medianas de población son iguales. Se realizó una comparación múltiple de medias de a pares Kruskal-Wallis (Cuadro 29A), se observó que las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), por lo cual no existe diferencia entre ambos tratamientos.

El tratamiento de hembra virgen obtuvo la mayor cantidad de adultos capturados de *Diatraea crambidoides*, por lo cual la feromona sexual no generó los resultados óptimos para validarse como buena feromona atrayente en campo.

3.3.5. EVALUACIÓN DEL SERVICIO

1. A nivel de campo, se pretendió estudiar la eficiencia de la feromona sexual en comparación con la hembra virgen, para lo cual la atracción del aislamiento feromona sexual "A" no generó resultados significativos.
2. El tratamiento H (hembra virgen), obtuvo la mayor cantidad de adultos capturados. Con un total de los siguientes machos capturados: En cañaveral de 280 días en Lote 210 de finca La Viña H "hembra virgen" (428), Feromona sexual "A" (15) y en cañaveral de 45 días en Lote 509 finca CaliforniaH "hembra virgen" (16), Feromona sexual "A" (3), estos datos fueron tomados en un tiempo de 20 días.

El uso de los resultados obtenidos del presente servicio será destinado para manejo integrado de la plaga *Diatraea crambidoides*, se recomienda realizar la evaluación en distintas épocas climáticas, debido a que el ciclo biológico de la plaga *Diatraea crambidoides* se puede ver afectado por las temperaturas del ambiente, alterando los resultados finales de la investigación al no existir suficiente cantidad de machos capturados. Al momento del montaje de otra investigación similar a la presente, procurar realizarla en áreas con antecedentes de infestación del barrenador del tallo *D. crambidoides* mayores a las que se presentan en la presente investigación, para validar los resultados de la misma.

3.3.6. BIBLIOGRAFÍAS

1. CINCAE (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador). 2013. Descripción del barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* (en línea). Ecuador. Consultado 16 ene. 2020. Disponible en <http://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/barrenador-del-tallo/>
2. ECONEX feromonas y trampas. 2019. Difusores para plagas agrícolas (en línea). España. Consultado 13 feb. 2020. Disponible en <https://www.e-econex.com/difusores-para-plagas-agricolas/>
3. ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, Guatemala). 2020. Sistema de información meteorológica: Estaciones automáticas en el Pacífico de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 11 mayo 2020. Disponible en <https://redmet.icc.org.gt/login>
4. Myers, P; Espinosa, R; Parr, CS; Jones, T; Hammond, GS; Dewey, TA. 2020. *Diatraea crambidoides* (en línea). Michigan, Estados Unidos, The Animal Diversity Web. Consultado 26 mar. 2020. Disponible en https://animaldiversity.org/accounts/Diatraea_crambidoides/classification/
5. Vargas O, GA; Gómez L, LA. 2005. Evaluación del daño causado por *Diatraea* spp. en caña de azúcar y su manejo en el valle del río Cauca. Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICANA), Serie Divulgativa no. 9, 8 p. Consultado 16 mar. 2020. Disponible en https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_divulgativa/sd_09/sd_09.pdf

20
FAUSAC
TESIS DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN
* REVISIÓN *

Polando Ramos

3.3.7. ANEXOS

Cuadro 24A. Test de Shapiro Wilks para determinación de supuesto de normalidad de la variable dependiente machos capturados, cañaveral de 280 días.

Variable	Número de muestra	Media	Desviación Estándar	Amplitud	P valor
Machos capturados	82	5.4	18.48	0.34	<0.0001

Cuadro 25A. Análisis de la varianza del método no paramétrico Kruskal-Wallis de la variable dependiente machos capturados, cañaveral de 280 días.

Variable	Formulación	Número de muestra	Medias	Desviación Estándar	Medianas	P valor	
Machos capturados	A	42	0.36	0.69	0.00	12.59	0.0001
Machos capturados	Hembra virgen	40	10.7	25.55	1.00		

Cuadro 26A. Comparación múltiple de medias de a pares Kruskal-Wallis de la variable dependiente machos capturados, cañaveral de 280 días.

Tratamiento	Medias	Ranks		
Hembra virgen	10.7	51.06	A	
A	0.36	32.39		B

Cuadro 27A. Test de Shapiro Wilks para determinación de supuesto de normalidad de la variable dependiente machos capturados, cañaveral de 45 días.

Variable	n	Media	D.E.	W*	P(Unilateral D)
Machos capturados	80	0.24	0.53	0.51	<0.0001

Cuadro 28A. Análisis de la varianza del método no paramétrico Kruskal-Wallis de la variable dependiente machos capturados, cañaveral de 45 días.

Variable	Formulación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Machos capturados	A	40	0.08	0.27	0.00	3.82	0.0049
Machos capturados	Hembra virgen	40	0.4	0.67	0.00		

Cuadro 29A. Comparación múltiple de medias de a pares Kruskal-Wallis de la variable dependiente machos capturados, cañaveral de 45 días.

Tratamiento	Medias	Ranks	
A	0.08	35.43	A
Hembra virgen	0.4	45.58	A



Figura 69A. Tipo de difusor blíster "A". Figura 70A. Difusor colocado en vaso tipo jaula.



Figura 71A. Heliotis colocadas en campo para monitoreo de machos capturados de *D. crambidoides*

3.4. SERVICIO 3: Evaluación de la preferencia de las larvas de *D. crambidoides* provenientes de campo a diferentes dietas bajo condiciones de laboratorio, Ingenio Santa Ana, Escuintla, C.A.

En caña de azúcar los perjuicios causados a los tallos por el barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*) pueden llegar a ser totales en casos de alta infestación, según Márquez (2002), con el 1 % de infestación el factor pérdida es de 35 kg de azúcar/t de caña, presentando un umbral económico de 7 % de intensidad de infestación; para perfeccionar los programas utilizados en Ingenio Santa Ana como parte del control de la plaga se necesita coleccionar larvas extraídas de campo y criarlas en laboratorio, sin embargo, las larvas de campo se alimentan de caña de azúcar lo cual a gran escala se convierte en poco práctico debido a que la caña de azúcar entra en descomposición a los dos días de cortada.

En laboratorio de producción de parasitoides de Ingenio Santa Ana se trabaja una dieta específica para larvas de *D. crambidoides* emergidas en laboratorio, sin embargo, esta dieta no es atractiva para larvas extraídas de campo, por lo cual se planteó evaluar la preferencia de dietas a nivel de laboratorio para larvas provenientes de campo para favorecer su crecimiento y desarrollo sustituyendo la alimentación a base de caña de azúcar: La unidad experimental para variable porcentaje de contaminación en función del tiempo consistió en una caja petri con tres cubos de dieta. La unidad experimental para variable incremento en peso larval y consumo diario consistió en una caja de policarbonato la cual contuvo una larva *Diatraea crambidoides* con un cubo de dieta de acuerdo a cada tratamiento.

Se concluye que la dieta con mayor incremento de peso larval es la dieta usada actualmente por el laboratorio de producción de parasitoides, no existe preferencia de consumo respecto a alguna dieta específica, y las 2 dietas con menor porcentaje de contaminación son la dieta del laboratorio de producción de parasitoides y dieta de harina de caña con preservantes. La larva del barrenador del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea crambidoides*) causa daños tanto directos como indirectos en la productividad, entre los daños indirectos se tienen las perforaciones que facilitan el ingreso de enfermedades, entre estas se encuentra la principal enfermedad: Muermo rojo ocasionado por *Colletotrichum falcatum* la cual disminuye la sacarosa y se torna de coloración roja el interior de los tallos (Salomón, 2015).

Myers y otros (2020) clasifican al barrenado del tallo de la caña:

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Crambidae

Género: *Diatraea*

Especies: *Diatraea crambidoides*.

La larva de *Diatraea crambidoides* es de tipo eruciforme, típica de la orden lepidóptera. La cabeza es ámbar, armada con mandíbulas masticadoras las cuales le permite perforar el tallo de la caña de azúcar (Ferrer & Salazar, 1977).

Los métodos de cría de insectos según Salomón (2015), se caracterizan principalmente por el tipo de alimento suministrado a las larvas para su desarrollo, estos pueden ser naturales (como la caña de azúcar sin procesar) o bien artificiales (como las dietas elaboradas). La dieta del laboratorio de Ingenio Santa Ana cuenta con preservantes para disminuir contaminación, por ello la importancia de los mismos. *Cinnamomun verum* presenta funciones antimicóticas, antiparasitarias y bactericidas (CandidiasisWeb, s.f.), mientras que *Hibiscus sabdariffa* presenta el aporte vitamínico y minerales.

Dieta para insectos debe cumplir con ciertos requisitos como ser reconocible por el insecto, estar en condiciones de ser ingerido, y aportar nutrientes para sobrevivencia y reproducción del insecto. El empleo de dietas con distintos componentes puede tener efecto en los resultados obtenidos en bioensayos para monitorear resistencia o crías masivas de insectos (Artigas, 1994).

3.4.1. MARCO REFERENCIAL

Grupo corporativo Santa Ana está ubicado en el km 64.5 carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Coordenadas 14° 14' 34.7" Latitud Norte y 90° 50' 35.8" Longitud Oeste.

El área de estudio se localiza en la finca cerritos, esta se encuentra dentro de la red interna del ingenio, perteneciente a la región 6 de grupo corporativo Santa Ana. Los laboratorios implicados en la presente investigación fueron: Laboratorio de producción de parasitoides y Laboratorio de control de calidad ambos presentan una temperatura promedio de 25 °C con una humedad relativa promedio de 69 %.

3.4.2. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Identificar la dieta ideal para el desarrollo de larvas de *Diatraea crambidoides* provenientes de campo bajo condiciones controladas en finca Cerritos, Ingenio Santa Ana.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la ganancia peso de larval de *Diatraea crambidoides* sometidas al consumo de diferentes dietas y consumo diario de las dietas bajo evaluación.
2. Cuantificar el porcentaje de contaminación de las dietas en función del tiempo.

3.4.3. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos se plantearon los tratamientos que se presentan en el cuadro 30.

Cuadro 30. Tratamientos evaluados.

Codificación	Tratamiento
T1	Dieta de Harina de caña con preservantes.
T2	Dieta de Harina de caña sin preservantes.
T3	Dieta de Harina de caña con <i>Hibiscus sabdariffa</i> y <i>Cinnamomum verum</i> .
T4	Dieta convencional de laboratorio.
T5	Caña de azúcar.

Fuente: elaboración propia, 2020.

A. Procedimientos

1. Preparación de las dietas: Las dietas fueron elaboradas en laboratorio de producción de parasitoides debido a la inocuidad del laboratorio y contar con los materiales y equipo necesario. Una vez elaboradas las dietas, se procedió inmediatamente a pesarlas y ponerlas en cajas de poliestireno individuales, y se le coloca una larva previamente pesada, transportándolas al laboratorio para mantenerlas a una temperatura 24 °C y humedad 60 %, para observación.

2. La observación de las cajas de poliestireno se realizó todos los días para determinar el porcentaje de contaminación, así mismo se pesaron las larvas como las dietas, para verificar el consumo y la variación de peso larval, hasta su muerte y/o transformación a pupa (figura 77A).
3. Colecta de larvas *Diatraea crambidoides* en campo: fue efectuada en la región 6 debido a las labores de entresaque como parte del programa de manejo integrado de plagas del ingenio para el control barrenador del tallo.
4. Selección y pesado de Larvas de *Diatraea crambidoides*: al tener capturadas una cantidad estipulada de larvas, se procedió a seleccionar 50 larvas que estuviesen en instar 2 para pesarlas en una balanza analítica (Figura 73A), se ordenaron de mayor a menor los pesos en gramos, para distribuir las larvas en grupos de cinco, los cuales conformaron los bloques y así aleatorizar los tratamientos dentro de los 10 bloques determinados.
5. Realización de harina de Caña de Azúcar: La caña se secó en horno a 40 °C durante una semana hasta pérdida total de humedad, posteriormente se molió y luego esterilizó en autoclave. (Figura 74A).
6. Realización de Tratamiento 1: Dieta de harina de caña con preservantes.

Se pesaron todos los preservantes (Cuadro 31) y se disolvieron en agua esterilizada y desmineralizada, al estar disueltos totalmente se extrajo una muestra de 50 ml a la cual se le añadió 21.22 g de harina de caña, se mezcló a fuego lento se colocó agua desmineralizada y esterilizada, con 1.5 g de Agar-Agar, se unificó hasta llevar a punto de ebullición (Figura 75A), se esperó tener 50 ml de producto final de Agar-Agar con agua por lo cual se consideró un 10 % de pérdidas por evaporación. Posteriormente se unieron los 100 ml totales de la dieta final, y son colocados en bandejas para su secado y coagulación.

Cuadro 31. Cantidad de preservantes utilizados en realización de Dieta del tratamiento 1 (dieta de harina de caña con preservantes)

Producto	Cantidad
Preservante A	0.5g
Preservante B	0.15g
Preservante C	0.2g
Preservante D	0.09g
Preservante E	0.03ml

Fuente: elaboración propia, 2020.

Los preservantes mencionados en el Cuadro 31 se utilizan normalmente en la elaboración de la dieta del laboratorio de producción de parasitoides, pero en la dieta del tratamiento 1 fueron aplicados en menor cantidad que lo acostumbrado (50 % menos que en la dieta de laboratorio).

7. Dieta de harina de caña sin preservantes (tratamiento 2): Se disolvió 21.22 g de harina de caña de azúcar en 50 ml de agua esterilizada y desmineralizada, se mezcló a fuego lento se agrega agua desmineralizada y esterilizada, con 1.5 g de Agar-Agar, uniendo hasta llevar a punto de ebullición, se esperaba tener 50 ml de producto final de Agar-Agar con agua por lo cual se considera un 10 % de pérdidas por evaporación. Posteriormente se unificó los 100 ml totales de la dieta final, y fue colocado en bandejas para su secado y coagulación.
8. Dieta de harina de caña con *Hibiscus sabdariffa* y *Cinnamomun verum* (Tratamiento tres): Se disolvió 21.22 g de harina de caña de azúcar en 50 ml de agua esterilizada y desmineralizada, se homogenizó totalmente. Se hierve agua desmineralizada y esterilizada, con 2 g de *Hibiscus sabdariffa* y 2 g de *Cinnamomun verum* hasta coloración rojiza, se retiró los residuos del agua y se colocó 1.5 g de Agar-Agar, se esperó tener 50 ml de producto final de Agar-Agar con agua, por lo cual se considera un 10 % de pérdidas por evaporación. Posteriormente se unificó los 100 ml totales de la dieta final, y son colocados en bandejas para su secado y coagulación (Figura 76A).

9. Tratamiento cuatro y cinco: La dieta del tratamiento cuatro es obtenida por el laboratorio de parasitoides, siendo esta dieta la convencional utilizada con larvas emergidas en laboratorio. Para el tratamiento cinco se utilizó el método común que actualmente se realiza en laboratorio de control de calidad para larvas extraídas de campo, con cubos de caña de azúcar.

B. Variables

- a. Ganancia de peso larval: cada día se pesó las larvas, teniendo un registro diario por una semana, para verificar la variación en peso de cada larva.
- b. Consumo diario: esta variable fue evaluada en la pérdida de peso de las dietas, llevando un registro diario por una semana.
- c. Porcentaje de contaminación: esta variable fue evaluada en las cajas Petri donde se encontraban aisladas las dietas sin exposición al entorno, fueron observadas diariamente en estereoscopio para determinar factores de contaminación por hongos y/o bacterias (Figura 79A).

Se llevó un registro de las larvas que presentaron mortalidad o conversión a pupas, luego se procedió a realizar los supuestos estadísticos y el análisis estadístico respectivo para determinar cuál dieta es la ideal para larvas de campo de *Diatraea crambidoides* de acuerdo a los resultados obtenidos de cada variable de respuesta.

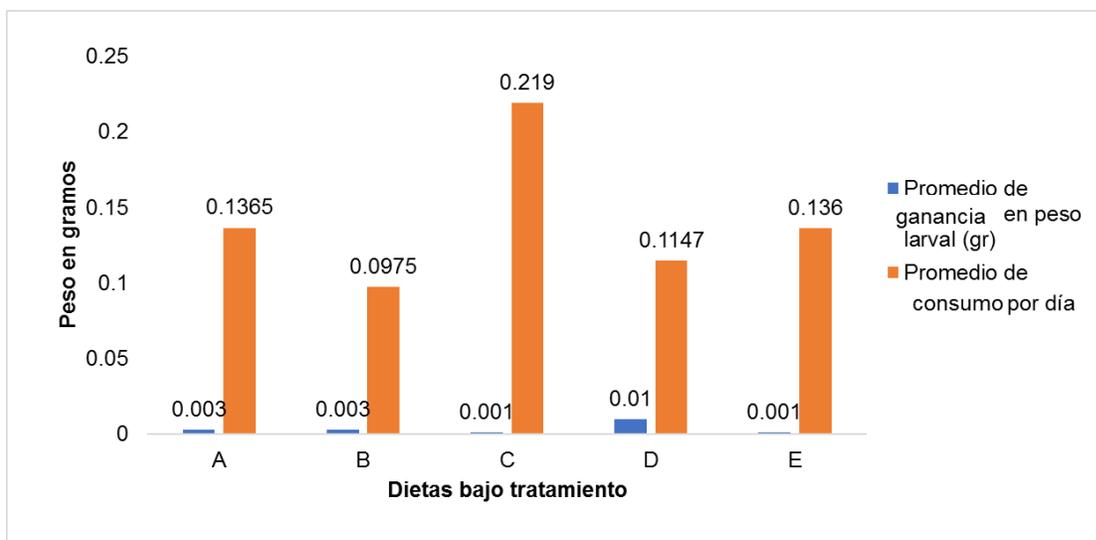
El diseño estadístico utilizado fue bloques completos al azar, utilizando como gradiente de variabilidad el peso larval, siendo su prueba de medias Scott & Knott con un nivel de confianza del 95 %. Para prueba de supuesto de normalidad se utilizó un análisis Shapiro Wilks.

3.4.4. RESULTADOS

A. Determinar la ganancia peso de larval de *Diatraea crambidoides* sometidas al consumo de diferentes dietas y consumo diario de las dietas bajo evaluación.

En la Figura 72A se presentan los resultados obtenidos durante 8 días en ganancia de peso larval y consumo diario de dieta en gramos, bajo condiciones controladas.

El análisis de normalidad de Shapiro Wilks para la variable ganancia de peso larval (g) (Cuadro 32A) se determinó que p-valor es mayor a 0.05 por lo cual no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos siguen una distribución normal, se realizó el análisis de bloques al azar (Cuadro 33A), el p-valor es menor a 0.05 se concluye que existe diferencia significativa entre tratamientos, la prueba de medias de Scott & Knott al 5 % sobre la variable ganancia de peso larval (Cuadro 34A) el tratamiento donde se observó mayor ganancia de peso es en la dieta de laboratorio, esto podría deberse a los componentes de la dieta dado que son basados en trigo y no en harina de caña.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Obs: Descripción de abreviaturas, A: Caña de azúcar, B: dieta de harina de caña de azúcar con preservantes, C: dieta de caña de azúcar con *Hibiscus* y *Cinnamomun*, D: dieta de laboratorio, E: dieta de harina de caña de azúcar sin preservantes.

Figura 72A Presentación de datos sobre la preferencia de dietas a nivel de laboratorio, para larvas de *Diatraea crambidoides* provenientes de campo, variables de respuesta ganancia en peso larval (gr) y consumo por día (gr).

Según el análisis de normalidad de Shapiro Wilks para la variable consumo por día (g) (Cuadro 35A) se determinó que los datos no siguen una distribución normal, se procede a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Cuadro 36A) Dado que p-valor es mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que todas las medianas son iguales y por lo tanto no existe diferencia significativa entre tratamientos.

B. Cuantificar el porcentaje de contaminación de las dietas en función del tiempo.

Para la variable porcentaje de contaminación de dietas según la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, los datos no siguen una distribución normal (Cuadro 37A), realizándose la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Cuadro 38A) Dado que p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no todas las medianas son iguales y se realiza la prueba múltiple de pares Kruskall & Wallis (Cuadro 39A).

Las dietas que presentaron menor porcentaje de contaminación respecto a las demás fueron la dieta de laboratorio y la dieta de harina de caña con preservantes, esto se debió a que el resto de dietas no contuvieron ningún preservante químico, llevando a la contaminación parcial o total de las unidades experimentales bajo evaluación.

3.4.5. EVALUACIÓN DEL SERVICIO

1. El consumo diario de dieta no obtuvo diferencia significativa entre tratamientos, las larvas de *Diatraea crambidoides* no presentaron preferencia de consumo respecto a alguna dieta específica.
2. La variable de respuesta ganancia de peso larval, presentó diferencia significativa en el tratamiento de dieta convencional de laboratorio siendo las larvas sometidas a este tratamiento las que más incrementaron en peso durante el tiempo sometidas bajo evaluación.

3. El porcentaje de contaminación de dietas presentó diferencia significativa en los tratamientos siendo estadísticamente mejores la dieta convencional de laboratorio y la dieta de harina de caña de azúcar con preservantes, dado que presentaron el menor porcentaje de contaminación a los siete días, respecto a las demás dietas.

Los resultados del presente servicio serán utilizados a nivel de laboratorio para alimentación de larvas extraídas de campo, se recomienda evaluar otras proporciones de dietas con preservantes, bajo las mismas condiciones para determinar si existen mejores resultados en preferencia de consumo respecto a otra dieta dado que la mejor dieta respecto a porcentaje de contaminación y ganancia en peso larval fue la dieta convencional de laboratorio, buscando otras alternativas que difieran de esta.

3.4.6. BIBLIOGRAFÍAS

1. Artigas, JN. 1994. Entomología económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos) (en línea). Argentina, Ediciones Universidad de Concepción. 2 v. Consultado 12 dic 2019. Disponible en <https://www.biotaxa.org/RSEA/article/view/33620/29799>
2. CandidiasisWeb. s.f. Antimicóticos naturales: Canela (en línea). Costa Rica. Consultado 13 dic. 2019. Disponible en <https://candidiasisweb.com/remedios/antifungicos/naturales/canela.php>
3. Ferrer, F; Salazar J. 1977. Avances sobre la producción de parasitos a partir de huéspedes criados con dietas artificiales. In Seminario nacional sobre el problema de taladradores de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.). Memorias. Barquisimeto, Venezuela, s.e. 132 p.
4. Márquez, JM; López, E. 2002. Nivel de daño económico para las plagas de importancia en caña de azúcar y su estimación con base en un programa diseñado por CENGICAÑA. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2005-2006. Guatemala, CENGICAÑA. p. 194-200.
5. Myers, P; Espinosa, R; Parr, CS; Jones, T; Hammond, GS; Dewey, TA. 2020. *Diatraea crambidoides* (en línea). Michigan, Estados Unidos, The Animal Diversity Web. Consultado 26 mar. 2020. Disponible en https://animaldiversity.org/accounts/Diatraea_crambidoides/classification/
6. Rojo Salomón, JE. 2015. Formulación y desarrollo de una dieta merídica a base de bagazo de caña de azúcar para la cría del gusano barrenador del tallo, *Diatraea considerata* (Heinrich). Tesis Mag. Rec. Nat. Med. Amb. Sinaloa, México, Instituto Politécnico Nacional. 65 p.


TESIS DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN * REVISIÓN *
FAUSAC
Polando Ramos

3.4.7. ANEXOS

Cuadro 32A Test de Shapiro Wilks para determinación de supuesto de normalidad de la variable ganancia de peso larval (g).

Variable	Número de muestras	Media	Desviación Estándar	Amplitud	P valor
ganancia de peso larval (gr)	50	0.0	0.01	0.94	0.10

Cuadro 33A Cuadro de análisis de la varianza (SC TIPO III) para la variable dependiente ganancia de peso larval (g).

Variable	Numero de muestras	R ²	R ² Ajustado	Coficiente de variación
ganancia de peso larval	50	0.47	0.28	201.16

El coeficiente de variación indica que mientras más alto sea, mayor heterogeneidad existe en los valores de la variable, esto es debido al comportamiento larval, dado que no presentaban el mismo peso todas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.7E-03	13	1.3E-04	2.44	0.0173
Bloque	5.5E-04	4	1.4E-04	2.63	0.0501
Tratamiento	1.1E-03	9	1.2E-04	2.36	0.0330
Error	1.9E-03	36	5.2E-05		
Total	3.6E-03	49			

Cuadro 34A Separación de medias por medio de Scott & Knott al 5 % sobre la variable ganancia de peso larval.

Error: 0.0001 gl: 36

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Dieta convencional de Laboratorio	0.01	10	2.3E-03	A	
Caña de azúcar	3.0E-03	10	2.3E-03		B
Dieta de harina de caña de azúcar con preservantes	3.0E-03	10	2.3E-03		B
Dieta de harina de caña de azúcar sin preservantes	1.0E-03	10	2.3E-03		B
Dieta de harina de caña de azúcar con <i>Hibiscus+Cinnamomum</i>	1.0E-03	10	2.3E-03		B

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro 35A Test de Shapiro wilks para determinación de supuesto de normalidad de la variable consumo por día (g).

Variable	Número de muestras	Media	Desviación Estándar	Amplitud	P valor
Consumo por día (gr)	50	0.0	0.13	0.69	<0.0001

Cuadro 36A Análisis de la varianza del método no paramétrico Kruskal & Wallis de la variable dependiente Consumo por día (g).

Variable	Tratamiento	Número de muestras	Medias	Desviación Estándar	Medianas	P Valor	
consumo por día.	Caña de azúcar.	10	0.14	0.06	0.15	6.33	0.1721
consumo por día.	Dieta de Harina de caña de azúcar con preservantes.	10	0.1	0.04	0.11		
consumo por día.	Dieta de harina de caña de azúcar con <i>Hibiscus</i> y <i>Cinnamomum</i> .	10	0.22	0.32	0.13		
consumo por día.	Dieta convencional de laboratorio.	10	0.11	0.04	0.14		
consumo por día.	Dieta de harina de caña de azúcar sin preservantes.	10	0.14	0.04	0.13		

Cuadro 37A Test de Shapiro Wilks para determinación de supuesto de normalidad de la variable porcentaje de contaminación de dietas.

Variable	Número de muestras	Media	Desviación Estándar	Amplitud	P valor
Porcentaje de contaminación.	30	0.0	21.83	0.87	0.0020

Cuadro 38A Análisis de la varianza del método no paramétrico Kruskal & Wallis de la variable dependiente porcentaje de contaminación de dietas.

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Porcentaje de contaminación.	Caña de azúcar.	6	50	54.77	50	7.25	0.0352
Porcentaje de contaminación.	Dieta de harina de caña de azúcar con preservantes.	6	0.0	0.0	0.0		
Porcentaje de contaminación.	Dieta de harina de caña de azúcar con <i>Hibiscus</i> y <i>Cinnamomum</i> .	6	6.70	7.34	6.7		
Porcentaje de contaminación.	Dieta convencional de laboratorio.	6	0.0	0.0	0.0		
Porcentaje de contaminación.	Dieta de harina de caña de azúcar sin preservantes.	6	51.20	42.58	66.8		

Cuadro 39A Separación de medias por medio de prueba múltiple de a pares Kruskall & Wallis sobre la variable porcentaje de contaminación de dietas.

Tratamiento	Ranks		
Dieta convencional de laboratorio.	10.5	A	
Dieta de harina de caña de azúcar con preservantes.	10.5	A	
Dieta de harina de caña de azúcar con <i>Hibiscus</i> y <i>Cinnamomum</i> .	16.25	A	B
Caña de azúcar.	19.75	A	B
Dieta de harina de caña de azúcar sin preservantes.	20.5		B

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Figura 73A. Pesado de larvas *Diatraea cambidoides* para distribución de bloques y asignación de tratamientos.



Figura 74A. Harina de caña de azúcar.



Figura 75A. Preparación de dietas en laboratorio de producción de parasitoides. A: Hervor de agua con Agar-Agar. B: homogenización de material.



Figura 76A. Corte de dietas para posterior distribución individual en cajas.



Figura 77A. Larva alimentándose de dieta bajo evaluación.

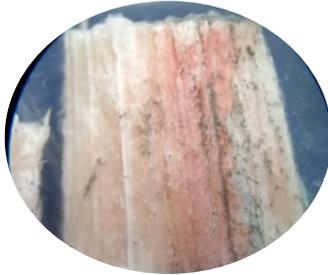


Figura 78A. Caña de azúcar contaminada.

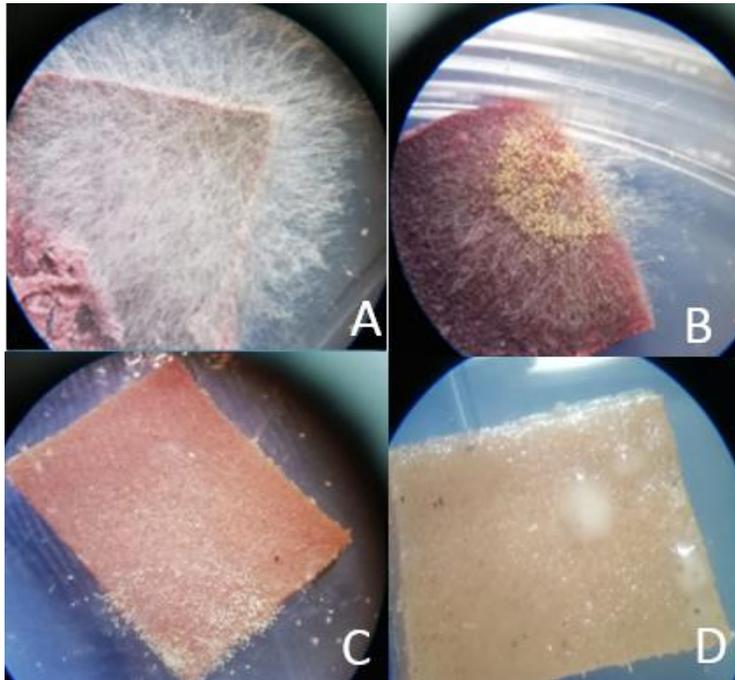


Figura 79A. Dietas elaboradas con presencia de contaminación por hongos y bacterias.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA - FAUSAC -
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 42/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "DENSIDADES POBLACIONALES DEL PARASITOIDE *Cotesia flavipes* (*Hymenoptera: Braconidae*), PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR *Diatraea crambidoides* (*Lepidoptera: Crambidae*), BAJO CONDICIONES SEMI CONTROLADAS INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C. A."

DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE: DAYRINNE DULCE CRISTINA GODOY VALDÉZ

CARNE: 201503116

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Luis Rodolfo Montes
Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez
Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
DOCENTE - ASESOREPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA, SUBAREA DE EPS

Ref. 160-2-2020

Guatemala, 16 de octubre de 2020

Ing. Agr. Waldemar Nufio
Decano FAUSAC
Presente.

Por este medio le envío el documento de graduación de la Estudiante **Dayrinne Dulce Godoy Valdéz, carné 2015-03116**, para su revisión final previo al imprimase.

Agradeciendo la atención a la presente sin otro particular es grato suscribirme de usted,

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

ING. AGR. M. A. PEDRO PELÁEZ REYES
Coordinador Area Integrada – EPSA
Profesor titular de la Facultad de Agronomía USAC.
Tel. 5708 7428
Correo electrónico: pedrofausac@gmail.com



cc.archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



No. 33-2020

Trabajo de Graduación:	"DENSIDADES POBLACIONALES DEL PARASITOIDE <i>Cotesia flavipes</i> (Hymenoptera: Braconidae), PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR <i>Diatraea crambidoides</i> (Lepidoptera: Crambidae), BAJO CONDICIONES SEMI CONTROLADAS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Dayrinne Dulce Cristina Godoy Valdéz
Carné:	201503116

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

