UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL PARASITOIDE *Aprostocetus esurus,* PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PUPAS DE BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Diatraea crambidoides)*, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.

RUDY WALTER COLOMA JIMÉNEZ

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL PARASITOIDE *Aprostocetus esurus,* PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PUPAS DE BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Diatraea crambidoides)*, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL 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

RUDY WALTER COLOMA JIMÉNEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR EN FUNCIONES

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

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	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	Pr. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021

Guatemala, agosto de 2021

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: **"EVALUACIÓN DEL PARASITOIDE** *Aprostocetus esurus,* **PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PUPAS DE BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR** (*Diatraea crambidoides)***, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A. "** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

RUDY WALTER COLOMA JIMÉNEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

A DIOS Por concederme una vida plena, llena de felicidad y salud.

A MIS PADRES Reina Jiménez Contreras
Por su amor incondicional, por permanecer a mi lado durante mis victorias como derrotas, ser una madre ejemplar que formó el hombre que hoy soy, ser parte central de mi vida y el motivo más grande que me insta a ser mejor persona. Todo esto es gracias a ti mamá.

Rudy Walter Coloma Cano
Por ser un ejemplo de arduo trabajado y responsabilidad. Por sus consejos y sabiduría

A MIS HERMANAS Ana Virginia Coloma Jiménez
Por ser un ejemplo de superación y perseverancia ante los desafíos de la vida.

Marilyn Sofía Coloma Jiménez
Por brindarme su apoyo incondicional y ayuda en todo momento durante mi formación profesional.

A MI FAMILIA EN GENERAL Por sus consejos y ayuda.

A MIS AMIGOS Por su amistad a lo largo de mi vida, como durante mi formación profesional; Jessica De León, Mónica Torres, Danny Cuxil, Ricardo López, Cristy De León, Alejandro Chex, Victor Cazali, Fernando Casia, Aroldo Choguix, Juan José Contreras, Mauro Morales, Katherine Marroquín, Héctor Gómez, Sergio Alonzo.

A MIS COMPAÑEROS DE EPS Por brindarme su apoyo y colaboración durante mi ejercicio profesional supervisado; Alexander Bojórquez, David Samayoa, Estefany Rodas y Braulio Escobar.

AGRADECIMIENTOS

A:

A DIOS: Por concederme una vida llena de salud, amor y conocimiento.

A MI FAMILIA: Por su apoyo, enseñanzas y por sobretodo creer en mi persona ante cada uno de los desafíos que me he propuesto.

A GUATEMALA: País de origen, mi tierra amada.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: Por ser mi casa de estudios y permitirme formar mi carrera profesional.

A LA FAUSAC: Por los desafíos, conocimientos y enseñanzas brindados a lo largo de mi formación académica.

COMPAÑEROS DE TRABAJO: Fernando Casia, Juan Pablo Marín, Roberto Monzón, Jonny Salazar, por su apoyo y enseñanzas para el desarrollo de mi carrera profesional como agrónomo.

GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA: Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en tan distinguida empresa, dando paso al fin de mi carrera universitaria e inicio de una vida profesional.

DEPARTAMENTO TÉCNICO ÁGRICOLA: Por los conocimientos y experiencias laborales brindadas, al personal de campo por su apoyo incondicional en cuanto a la ejecución de los proyectos elaborados. Al Lic. Luis Carlos Arroyo por permitirme realizar mis prácticas profesionales, adicional a sus ensañas y credibilidad puesta en mi persona durante cada desafío fijado.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL INGENIO SANTA ANA, DEPARTAMENTO TECNICO AGRÍCOLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA 1

1.1. PRESENTACIÓN 2

1.2. MARCO REFERENCIAL 3

1.2.1. Grupo corporativo Santa Ana 3

1.2.2. Misión 3

1.2.3. Visión 4

1.2.4. Productos y servicios generados 4

1.2.5. Estructura organizacional de la empresa 5

1.2.6. División agrícola y servicios 7

1.3. OBJETIVOS 9

1.3.1. General 9

1.3.2. Específicos 9

1.4. METODOLOGÍA 9

1.4.1. Identificación de personal Departamento Técnico Agrícola 9

1.4.2. Herramientas utilizadas 10

1.4.3. Entrevistas 10

1.4.4. Observaciones 10

1.4.5. Participación en procesos de control 10

1.5. RESULTADOS 11

1.5.1. Estructura organizacional de las principales unidades productivas integradas dentro del Departamento Técnico Agrícola del Ingenio Santa Ana 11

1.5.2. Información específica del Departamento Técnico Agrícola 12

1.5.3. Proyectos ejecutados y nuevos desarrollo manejados por el Departamento Técnico Agrícola 20

1.5.4. Procesamiento de la información 22

1.6. CONCLUSIONES 28

PÁGINA

1.7. RECOMENDACIÓN..... 29
1.8. BIBLIOGRAFÍA..... **¡Error! Marcador no definido.**
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL PARASITOIDE Aprostocetus esurus, PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PUPAS DE BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (Diatraea crambidoides), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A. 31
2.1. PRESENTACIÓN..... 32
2.2. MARCO TEÓRICO 34
2.2.1. Marco conceptual.....34
2.3. MARCO REFERENCIAL..... 51
2.3.1. Ubicación geográfica de la empresa 51
2.3.2. Características del área de estudio 51
2.3.3. Zona cañera, ubicación geográfica del ingenio Santa Ana. 53
2.3.4. Variedad del cañal donde se ejecutó la investigación 53
2.3.5. Estudios previos realizados a nivel de campo y laboratorio, en el uso del parasitoide *Aprostocetus spp.* para el control de pupas de lepidopteros, coleópteros e hymenopteros 54
2.3.6. Región para el desarrollo del experimento.....70
2.3.7. Características del cultivo 72
2.4. OBJETIVOS..... 73
2.4.1. Objetivo general.....73
2.4.2. Específicos.....73
2.5. HIPÓTESIS..... 73
2.6. METODOLOGÍA 74
2.6.1. Determinar el porcentaje de parasitismo obtenido en cada uno de los respectivos tratamientos 74
2.6.2. Determinar la dosificación de individuos a liberar para ejercer un efecto supresor en las poblaciones de barrenador de la caña de azúcar.....101

PÁGINA

B. Toma de datos 101
C. Análisis de la información 101
A. Variable densidad optima de parasitoides a liberar 102
2.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 103
2.7.1. Determinar el porcentaje de parasitismo obtenido en los tratamientos. 103
2.7.2. Determinar la dosificación de individuos a liberar para ejercer un efecto supresor en las poblaciones de barrenador de la caña de azúcar 107
2.8. Discusión de resultados 107
2.9. CONCLUSIONES 112
2.10. RECOMENDACIONES 113
2.11. BIBLIOGRAFÍA 114
2.12. ANEXOS 123
2.12.1. Ficha de recolección de información 123
CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C. A. 125
3.1. PRESENTACIÓN 126
3.2. Servicio 1: Evaluación del porcentaje sobrevivencia de (*Cotesia flavipes)* en función del tiempo, condiciones semi controladas, laboratorio de control de calidad, ingenio Santa Ana. 127
3.2.5. OBJETIVOS 127
A. Objetivo General 127
B. Objetivos Específicos 127
3.2.6. METODOLOGÍA 127
A. Factor de estudio 127
B. Hipótesis 127
C. Tratamientos 128
D. Desarrollo del experimento 129
3.2.7. RESULTADOS 130

PÁGINA

A. Determinar la longevidad del parasitoide *Cotesia flavipes,* bajo una simulación de condiciones de campo. 130

b. Evaluación II, Longevidad del parasitoide *Cotesia flavipes* tras su exposición a condiciones de campo y el uso de diferentes fuentes alimenticias 132

B. Definir la fuente alimenticia que promueva la longevidad del parasitoide en campo. 133

3.3. Servicio 2: Preferencia del biocontrolador *Aprostocetus esurus* en parasitación, a partir de crisálidas de barrenador *(Diatraea crambidoides)*, con diferentes días de madurez, laboratorio de control de calidad, Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A. 135

3.3.1. OBJETIVOS..... 135

A. Objetivo general 135

B. Objetivos específicos 135

3.3.2. METODOLOGÍA 136

3.3.3. RESULTADOS 142

a. Prueba no paramétrica para las variables 142

3.3.4. ANEXOS..... 145

3.4. Servicio 3: Determinación de un modelo para la dosificación del parasitoide *Aprostocetus esurus* en vasos de liberación. 147

3.4.1. OBJETIVOS..... 147

3.4.2. METODOLOGÍA 148

A. Factor de estudio.....148

B. Hipótesis.....148

C. Unidad de muestreo 148

D. Tratamientos 148

E. Desarrollo y ejecución de la investigación.....149

F. Monitoreos y manejo de la investigación.....151

3.4.3. RESULTADOS 151

PÁGINA

A. Implementación del modelo 153

3.4.4. ANEXOS 155

A. Análisis de regresión lineal. 155

3.5. Servicio 4: Liberación de parasitoides para control del barrenador de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).* 158

3.5.1. OBJETIVOS 158

B. Específicos 158

3.5.2. METODOLOGÍA 158

3.5.3. RESULTADOS 169

3.6. BIBLIOGRAFÍA 174

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA **PÁGINA**

Figura 1. Organigrama sobre la estructura manejada dentro del Departamento Técnico Agrícola-Manejo Integrado de Plagas. 11
Figura 2. Árbol de problemas para el diagnóstico de bajas en cuanto a la eficiencia de parasitación de parasitoides en campo. 23
Figura 3. Matriz de priorización de problemas, proceso de liberación parasitoides producidos *Cotesia flavipes y Aprostocetus esurus.* 25
Figura 4. Ciclo biológico del barrenador de la caña de azúcar. 38
Figura 5. Larva de barrenador del tallo de la caña de azúcar (D. crambidoides). Guatemala, Departamento de Escuintla, 2019. 40
Figura 6. Crisálida de barrenador del tallo de la caña de azúcar, *(D. crambidoides.)*. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 41
Figura 7. Galerías ocasionadas por la infestación de barrenador del tallo de la caña de azúcar. Guatemala, departamento de Escuintla, región V, Finca California, lote 211, Ingenio Santa Ana, 2019. 43
Figura 8. Parasitoide *A.esurus,* hembra con longitud de 13 mm, abdomen redondo, antenas filiformes, patas amarillas. Guatemala, departamento de Escuintla, Departamento Técnico Agrícola, 2019. 49
Figura 9. Parasitoides *A.esurus,* hembra con longitud de 13 mm, abdomen redondo, antenas filiformes, patas amarillas; macho con longitud de 10 mm abdomen plano, patas amarillas. Guatemala, departamento de Escuintla, Departamento Técnico Agrícola, 2019. 50
Figura 10. Distribución zona cañera, Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 53
Figura 11. Registros obtenidos en los muestreos realizados durante el año 2012-2013, para la identificación de parasitoide de *Phyllocnistis citrella* en el cultivo de limón persa (Citrus x latifolia). 63
Figura 12. Anomalía de temperatura en la estación Puerto San José Periodo 1971-2014. 67
Figura 13. Tendencia de la lluvia anual en la estación Puerto San José. 68

PÁGINA

Figura 14. Mapa general, región VI, ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A. 70
Figura 15. Pantes seleccionados para el desarrollo del experimento, lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, Ingenio Santa Ana. 71
Figura 16. Distribución de la unidad experimental, cañal de cinco meses respecto a su establecimiento. A: Área manejada en las diferentes unidades experimentales. B: Distribución puntos de inserción dentro de las unidades experimentales. 82
Figura 17. Croquis de campo, distribución de tratamientos. 84
Figura 18. Delimitación de unidades experimentales, lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, ingenio Santa Ana. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. .. 86
Figura 19. Identificación y codificación de puntos de inserción, en una distribución a tres bolillo. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 87
Figura 20. Establecimiento de tallos de control, para el monitoreo del ciclo biológico sobre el material insertado. A: Larvas insertadas. B: Identificación de tallos. C: Distribución de tallos de control. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 87
Figura 21. Liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus*, en cañal de 5 meses de edad, lote 132 Cerritos Kenaf, región VI, Ingenio Santa Ana. A: Liberación central respecto al área de la unidad experimental. B: Posicionamiento y ubicación del vaso de liberación. C: Parasitoides expuesto al medio. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 88
Figura 22. Condiciones ambientales manejadas para la liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus*. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 90
Figura 23. Estación Costa Brava, Cengicaña, temperatura registrada en el día 8 noviembre del 2019, departamento de Escuintla, Guatemala, C.A. 90
Figura 24. Estación Costa Brava, Cengicaña, temperatura registrada en el día 11 de noviembre del 2019, departamento de Escuintla, Guatemala, C.A. 91

PÁGINA

Figura 25. Estación Costa Brava, Cengicaña, temperatura registrada en el día 14 de noviembre del 2019, departamento de Escuintla, Guatemala, C.A. 91
Figura 26. Estación Costra Brava, Cengicaña, información sobre los días con registro de precipitación en la Costa Sur, Guatemala, C.A. 92
Figura 27. Estación Costa Brava, Cengicaña, información generada a partir de la velocidad del viento registrada en la Costa Sur, Guatemala, C.A. 92
Figura 28. Monitores de unidades de control, posterior a los 16 días de realizada la inserción larval 94
Figura 29. Monitoreos sobre tallos de control, evaluación en función larvas de barrenador *(D. crambidoides),* edad del material insertado, lote 132 finca Cerritos Kenaf, ingenio Santa Ana, Escuintla. 97
Figura 30. Unidades de control de calidad, vasos diferentes densidades de parasitoides *Aprostocetus esurus*. Laboratorio de Control de Calidad. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 100
Figura 31. Resultados de campo, material de inserción en diferentes unidades experimentales 105
Figura 32A 123
Figura 33. Primera evaluación, parasitoide *Cotesia flavipes* y su exposición a condiciones de campo posterior a su manejo en laboratorio previo a una liberación comercial. 131
Figura 34. Segunda evaluación, parasitoide *Cotesia flavipes* y su exposición a condiciones de campo a partir de su emergencia. 132
Figura 35. Segunda evaluación, parasitoide *Cotesia flavipes* y su exposición a condiciones de campo. Comparación de dos fuentes alimenticias. 133
Figura 36. Cajas de camisa desinfectadas, posicionamiento equidistante para el material de evaluación. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 139
Figura 37. Evaluación del hymenoptero *Aprostocetus esurus*, en preferencia por material de parasitación. 140
Figura 38. Observación y monitoreo llevado a cabo para la identificación de material parasitado. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019. 141

PÁGINA

Figura 39. Porcentaje de parasitación alcanzado a partir de crisálidas de barrenador con diferentes días de madurez, parasitoide *A. esurus.* 143
Figura 40. Parasitoides emergidos a partir de la preferencia de *Aprostocetus esurus* en crisálidas de barrenador. 144
Figura 41. Crisálidas parasitadas por el biorregulador *Aprostocetus esurus* 150
Figura 42. Diagrama de dispersión, modelo para la dosificación de vasos de liberación del parasitoide *A. esurus.* 156
Figura 43. Reducción de la sobrevivencia del parasitoide al momento de su liberación en campo. 161
Figura 44. Liberación del parasitoide *Cotesia flavipes,* para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(D. crambidoides).* 163
Figura 45. Diagramación sobre puntos de liberación de parasitoides para una metodología de cinco puntos por hectárea de caña 165
Figura 46. Diagramación sobre puntos de liberación de parasitoides para una metodología de nueve puntos por hectárea de caña. 165
Figura 47. Diagramación sobre puntos de liberación de parasitoides para una metodología de doce puntos por hectárea de caña. 166
Figura 48. Diagramación sobre puntos de liberación de parasitoides para una metodología de doce puntos por hectárea de caña. 166
Figura 49. Regiones trabajadas mediante la liberación de parasitoides para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar. 170
Figura 50. Regiones trabajadas mediante la liberación de parasitoides para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar 171
Figura 51. Fincas trabajadas con liberación de parasitoides para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar 171
Figura 52. Millares de parasitoides liberados en las diferentes regiones pertenecientes al ingenio Santa Ana, 2019. 172
Figura 53. Resultados parasitismos de campo, para el control de barrenador del tallo de la caña de azúcar 172

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO **PÁGINA**

Cuadro 1. Plagas, hongos y contaminantes, usos de los productos generados por del Departamento Técnico Agrícola, Ingenio Santa Ana. 18
Cuadro 2. Factor de pérdida e índice de daño estimado para las principales plagas de importancia en el cultivo de caña de azúcar 35
Cuadro 3. Comparación de la eficiencia del parasitoide *Aprostocetus esurus* 55
Cuadro 4. Resumen de la progenie de *A. esurus*. 57
Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza para la variable producción de avispas. 58
Cuadro 6. Boleta de registros, vasos de control de calidad. 59
Cuadro 7. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de caña..... 75
Cuadro 8. Descripción de las relaciones de hospedero y parasitoide..... 75
Cuadro 9. Factores considerados para la densidad de parasitoides. 78
Cuadro 10. Análisis de varianza.. 81
Cuadro 11. Primer control de calidad. 98
Cuadro 12. Segundo control de calidad. 99
Cuadro 13. Tercer control de calidad. 99
Cuadro 14. Variable eficiencia de parasitación bajo condiciones de campo..... 104
Cuadro 15. Variable porcentaje de parasitación sobre los tratamientos evaluados..... 106
Cuadro 16. Madurez de crisálidas a emplear durante proceso de parasitación. 137
Cuadro 17. Prueba no paramétrica Kruskal & Wallis, crisálidas parasitadas. 145
Cuadro 18. Prueba no paramétrica Kruskal & Wallis, parasitoides emergidos. 146
Cuadro 19. Material de laboratorio implementado en la validación de datos. 148
Cuadro 20. Análisis de regresión lineal. 155
Cuadro 21. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados 155
Cuadro 22. Análisis de la Varianza (Sc tipo III) 155
Cuadro 23. Análisis del método Gauss 156
Cuadro 24. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados 157
Cuadro 25. Cuadro de Análisis de la Varianza (Sc tipo III) 157

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se encuentra constituido por tres fases: Diagnóstico de Investigación, el trabajo de investigación y los servicios, los cuales fueron realizados en el Departamento Técnico Agrícola del Ingenio Santa Ana, departamento de Escuintla, Guatemala. Desarrollo ejecutado como parte del Ejercicio Profesional Supervisado EPS de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Inicialmente se hizo énfasis en las implicaciones y efectos sobre el manejo de parasitoides para el control de plagas evaluado como Diagnostico en el Departamento Técnico Agrícola, donde tuvo como finalidad conocer todos los procesos intrínsecos y extrínsecos que conllevan la producción de los diferentes productos para el control de las principales plagas de la caña de azúcar: barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides*), chinche salivosa *(Aenolamia postica)* y rata de campo *(Sigmodon hispidus).*

El Capítulo II, punto de investigación a través de la información generada mediante el diagnóstico y el conocer los diferentes procesos de producción en los productos generados por el Departamento Técnico Agrícola, para el control de plagas conllevo a la necesidad de evaluar un agente de control biológico para el manejo del barrenador del tallo de la caña de azúcar, abordando el estado de pupa de dicho insecto. La necesidad de realizar este tipo de evaluación trató en generar información de campo acerca de la tasa de éxito del biorregulador puesto que la información es limitada ante el comportamiento y eficiencia de acción del insecto como endoparasitoide de ciertos lepidópteros; así mismo se enfocó la evaluación en realizar un control al ejecutar liberaciones continuas sobre una población de plaga conocida. Se implementaron nuevas técnicas y metodólogas de liberación que garantizaran el pleno desempeño del agente regulador en campo.

El Capítulo III, está constituido por cuatro servicios, donde el primero detalla el tiempo de vida del parasitoide de larvas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides),* bajo condiciones semicontroladas, siendo expuesto a su vez a diferentes suministros alimenticios con el objeto de identificar aquella fuente que garantizara una mayor longevidad. Adicional como segundo servicio fue ejecutado un trabajo en cuanto a la

preferencia de parasitación por parte del agente de control biológico *Aprostocetus esurus* en pupas de barrenador. En donde fue expuesto a pupas con días de transformación de 1 hasta 10 días, siendo caracterizado la totalidad del material por tamaño, regularidad y sanidad, considerando únicamente aquellos mejores ejemplares. Parte de un tercer servicio fue la realización de un modelo de regresión, para la dosificación de vasos de liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus,* esto partiendo de conteo de control de calidad sobre liberaciones previas que eran enviadas a campo, donde fue identificado una subdosificación obteniendo valores inferiores a los 3000 insectos/vaso. El cuarto y último servicio estuvo compuesto por la metodología de desarrollo ejecutada en campo, con el objeto del incremento en las tasas de parasitación de campo, tras hacer uso de un grupo específico de liberación, liberaciones geo posicionadas, adicional al manejo de una cadena de frio para el transporte de parasitoides además de manejar parámetros específicos de temperatura y humedad relativo previo a la liberación en campo de los agentes de control biológico.

CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL INGENIO SANTA ANA, DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA

1.1. PRESENTACIÓN

Grupo corporativo Santa Ana, es una empresa de la agroindustria azucarera en Guatemala, la cual centraliza sus operaciones en la producción de caña de azúcar, azúcar y derivados como también de energía eléctrica. Ingenio Santa Ana cuenta con una estructura organizacional como empresa de la siguiente forma: División Agrícola y Servicios, División Industrial, División de Informática, División Administrativa Recursos Humanos, División Financiera, el Departamento Técnico Agrícola parte integrante de la División Agrícola y Servicios.

El Departamento Técnico Agrícola es un grupo de colaboradores que se encargan del manejo integrado de plagas en la producción de caña de azúcar. Bajo el liderazgo de un Jefe Departamental, este grupo se destaca por laborar con programas innovadores de control biológico de insectos, como vía de escape frente a las restricciones sobre el uso de agroquímicos que se ha impuesto en la producción de la caña de azúcar.

El control biológico para la mitigación de plagas en la producción de la caña de azúcar comprende una serie de fases que van desde la cría y reproducción de los organismos de control, hasta su aplicación en campo, bajo rígidos parámetros de manejo. Algunas de las problemáticas encontradas que obstaculizan la plena eficiencia por el control de plagas dentro del Departamento Técnico Agrícola se observó la dificultad de parasitoides en cuanto a bajas tasas de parasitación alcanzadas. De esto deriva otra serie de circunstancias agravantes, tal y como el tiempo de sobrevivencia de los biorreguladores en campo, densidades eficientes de parasitoides que contribuyan a la supresión de plagas, barreras de conservación para el resguardo de los parasitoides y el medio de trasporte del insecto desde la unidad de producción hasta su entrega en campo.

La importancia sobre el uso de técnicas de control biológico surge debido a la demanda de los diferentes productos generados a través del cultivo de caña, para lo cual los mercados internacionales condicionan a altos estándares de calidad, condicionando a restricciones frente al uso de ciertos productos químicos.

1.2. MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Grupo corporativo Santa Ana

Organización líder en la agroindustria azucarera de Guatemala, comprometida con la mejora continua y comunicación efectiva, para la producción de azúcar, melaza y energía eléctrica. Procesos que cumplen los requisitos legales, reglamentarios y normativos de calidad e inocuidad, requeridos por clientes y otras partes interesadas (Santa Ana, Grupo Coorporativo, s.f.)

1.2.2. Misión

Producir y comercializar azúcar, melaza y energía eléctrica a través del uso eficiente de nuestros recursos, generando desarrollo para mantenernos como una empresa competitiva y rentable en el mercado nacional e internacional (Santa Ana Grupo Coorporativo, s.f.)

1.2.3. Visión

Ser una organización líder en la agroindustria azucarera guatemalteca, comprometida con nuestros clientes, la sociedad y el medio ambiente; manteniendo la sustentabilidad del negocio, a través de la eficiencia operacional y financiera generando bienestar para nuestros accionistas, colaboradores, clientes, proveedores y al país en general (Santa Ana Grupo Coorporativo, s.f.)

1.2.4. Productos y servicios generados

A. Azúcar

Es generada con base a requerimientos establecidos por clientes nacionales e internacionales, en donde se cumplen de altos estándares de calidad, así como también de especificaciones técnicas (Santa Ana, Grupo Coorporativo, s.f.)

Tipos de azúcar producidas

1. Crudo a granel
2. Estándar
3. Moreno
4. Refino

B. Melaza

Miel final que es obtenida en el agotamiento del ciclo de mazas. Materia prima para la elaboración de alcoholes; también es de uso para alimento de ganado. Producto con demanda nacional como internacional (Santa Ana, Grupo Coorporativo, s.f.)

C. Energía eléctrica

Comercialización de energía en mercado local, transacción y exportación de energía y potencia al mercado regional, países centroamericanos (Santa Ana Grupo Coorporativo, s.f.)

1.2.5. Estructura organizacional de la empresa

Según Fuentes, (2008) la estructura organización de una empresa dedicada a la agroindustria azucarera cuenta de dos componentes básicos siendo estas: unidades operativas y de apoyo.

Aquellas unidades operativas tratan de labores que son realizadas en campo, a través de la producción de caña de azúcar y posteriormente en su transformación para generar productos, servicios y derivados. En tanto que las unidades de apoyo se encuentran constituidas por áreas financieras, recursos humanos, sistemas, administrativas entre otras (Fuentes, 2008)

A continuación, se detalla

Gerencia General

A. División agrícola y servicios:

a. Área agrícola
b. Área taller automotriz
c. Área ingeniería agrícola
d. Área transporte
e. Área cosecha

B. División industrial:

a. Área generación eléctrica
b. Área fabricación
c. Área mantenimiento
d. Área de logística y distribución

C. División financiera

a. Contabilidad
b. Tesorería
c. Presupuestos
d. Compras

D. División informática

E. División recursos humanos

a. Reclutamiento, selección y contratación
b. Capacitación y seguridad industrial
c. Programas sociales y salud ocupacional
d. Sueldos y salarios

F. Administración y compras (Fuentes, 2008)

1.2.6. División agrícola y servicios

Equipo basado en el compromiso del aprovechamiento y sostenibilidad en cuanto al uso de los recursos naturales, en la producción de caña de azúcar y derivados; así mismo cuenta con funciones en materia de servicios de cosecha, taller y trasporte. (Midence, 2007)

La división agrícola a su vez se encuentra integrada por múltiples departamentos entre los cuales destaca el Departamento Técnico Agrícola. Cuyo objetivo se basa en el manejo y planificación para la mitigación de plagas.

A. Departamento Técnico Agrícola

El departamento Técnico Agrícola se encuentra dividido en dos áreas de trabajo. La primera de ellas, se sitúa en el área de campo para el manejo de operaciones del control de plagas. Donde se realizan aplicaciones terrestres y aéreas de productos biológicos y/o agroquímicos, labranza de suelos, controles culturales que van desde la remoción del corazón muerto o entresaque en cañales pequeños hasta limpieza de quíneles y periferias de pantes.

La segunda área integrante se encuentra formada por los laboratorios de producción de organismos vivos para el control biológico de plagas, un laboratorio de biotecnología para la producción masiva de variedades de caña, una planta de producción de cebos para roedores y trampas adhesivas para chinche de salivosa *(Aenolamia postica)*, un laboratorio de Control de Calidad y Proyectos de Investigación que a su vez desarrolla y acompaña evaluaciones para el desarrollo del MIP.

El departamento Técnico Agrícola se encuentra liderado por un jefe de departamento el cual se encarga del desarrollo de investigaciones, planificación, coordinación y administración de presupuestos de los cuatro laboratorios existentes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Identificar la situación actual del Departamento Técnico agrícola con base a los proyectos de control de plagas e investigación para el desarrollo de nuevos productos.

1.3.2. Específicos

1. Establecer el sistema de trabajo de las principales unidades productivas del Departamento Técnico Agrícola, para el manejo y control de plagas.
2. Definir los nuevos proyectos de desarrollo e investigación del Departamento Técnico Agrícola.
3. Identificar las principales agravantes para el control y manejo de plagas.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Identificación de personal Departamento Técnico Agrícola

Se realizó una presentación con los miembros del departamento técnico agrícola, para lo cual se pudo identificar a todo el personal y las respectivas labores que cada uno ejerce en los diferentes puestos; a su vez se expusieron las principales actividades que son ejecutadas, las investigaciones establecidas y nuevos proyectos para la generación de información.

1.4.2. Herramientas utilizadas

Para la fase de diagnóstico se hizo uso de las técnicas de investigación de entrevista y observación. En donde se entablo al dialogo con los principales encargados de campo y jefes de laboratorios. Identificando así la serie de procesos implícitos por parte de las dos principales estructuras de trabajo dentro del departamento técnico agrícola, fase de campo y laboratorio.

1.4.3. Entrevistas

Se realizó una serie de preguntas a los principales encargados de las diferentes áreas de producción.

1.4.4. Observaciones

Se realizó un recorrido dentro las instalaciones de cada uno de los diferentes laboratorios de producción con la finalidad de observar presencialmente las metodologías empleadas para el desarrollo de productos.

1.4.5. Participación en procesos de control

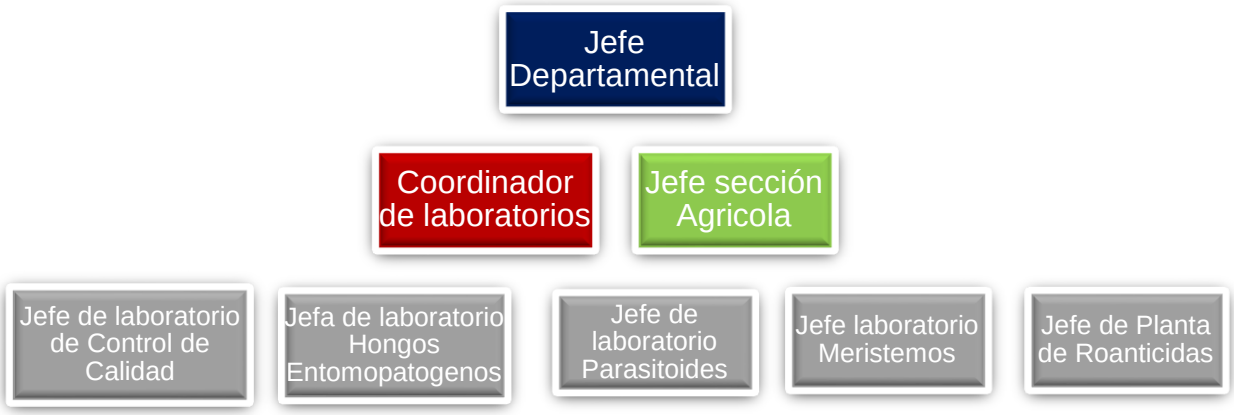
Se realizaron visitas a campo, y recorridos en diferentes regiones y fincas del Ingenio Santa Ana. Pudiendo identificar algunas de las acciones realizadas para el control y manejo de plagas.

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Estructura organizacional de las principales unidades productivas integradas dentro del Departamento Técnico Agrícola del Ingenio Santa Ana

Los siguientes resultados detallan toda la información alcanzada, recabada a través de diferentes técnicas y metodologías de investigación.

La figura 1, presente la estructura laboral organizativa empleada dentro del Departamento Técnico Agrícola, del Ingenio Santa Ana.



Fuente: Departamento Técnico Agrícola, 2019.

Figura 1. Organigrama sobre la estructura manejada dentro del Departamento Técnico Agrícola-Manejo Integrado de Plagas.

1.5.2. Información específica del Departamento Técnico Agrícola

El Departamento Técnico Agrícola trabaja en el control y reducción de plagas, para esto se realizan labores específicas como la producción de organismos reguladores entre los cuales destacan parasitoides y hongos entomopatógenos; adicional se laboran cebos para ratas, trampas adhesivas para chinche de salivosa *(Aenolamia spp.)*, pruebas específicas de controles de calidad para los diferentes productos generados, así como desarrollo constante de información mediante pruebas y ensayos de campo. De esta manera el departamento se divide en dos componentes: El área de laboratorios y la sección de campo.

A. Laboratorios

a. Laboratorio de producción de parasitoides
b. Laboratorio de biotecnología
c. Laboratorio de Hongos entomopatógenos
d. Laboratorio de Control de Calidad
e. Planta de rodenticidas

B. Laboratorio de producción de parasitoides

El único biorregulador que es producido masivamente dentro de las instalaciones de la unidad de producción de parasitoides trata de Cotesia *flavipes* (Braconidae), biorregulador que se encarga de la parasitación de larvas de barrenador *(Diatraea crambidoides)* III, IV y V instar.

A continuación, se detallan la serie de procesos implícitos para la producción masiva del parasitoide *Cotesia flavipes*.

a. Cría del hospedero

Producción de una dieta artificial para larvas barrenadores del tallo de la caña de azúcar *(D. crambidoides)*

Para contar con un pie de cría de barrenador del tallo, se deben de tomar en cuenta varios factores del área de producción, dentro de ellos: las temperaturas de las salas, la esterilización de las dietas a emplear, los diferentes componentes que integran a la dieta, las horas luz a las que son expuestas las larvas de barrenador, las cámaras de copula, entre otros.

b. La desinfección de ambientes e inocuidad de trabajo

Paredes constantemente son desinfectadas con formol $(CH20)$ y sulfato de cobre $(CuSO4)$ para evitar la contaminación de agentes patógenos que inhiban el debido crecimiento y desarrollo de los insectos en las salas de producción.

Todo utensilio o herramienta empleada para la manipulación de insectos dentro del laboratorio de parasitoides, es esterilizada mediante una autoclave. En donde se alcanzan temperaturas de hasta 132 °C.

c. Dietas artificiales para larvas de barrenador

La dieta se encuentra compuesta por 3 componentes principales, siendo estos: germen de trigo que aporta aminoácidos y vitaminas, harina de maíz como fuente de carbohidratos y levadura dando un contenido proteico de hasta el 14 %.

Se emplean bolsas de polipropileno con capacidad de 6 l. El polipropeno es el material ideal para la elaboración de bolsas debido a que este material se usa en estilizaciones realizadas con autoclave.

d. Sala de posturas

Esta área tiene como finalidad contribuir a la reproducción de adultos de barrenador, la cual se lleva a cabo bajo cámaras de copula. Dichas cámaras son elaboradas con tubo pvc (5 pulg de diámetro), la cual se encuentra forrada en su parte interna por papel mantequilla para evitar cualquier posible daño en las patas de los lepidópteros. Se inserta machos y hembras de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides),* su humedece la parte baja de la cámara de copula y se manejan temperaturas de 22°C - 24°C con una humedad relativa del 70 %. Todo esto cubierto por plástico negro con el objeto de simular las condiciones de oscuridad, ya que esta especie es de hábito nocturno.

e. Siembra de huevecillos y desarrollo larval

Los huevecillos son debidamente seleccionados y cortados en masas para ser insertados en cajas Petri con duración de seis días a una temperatura mínima de 22 °C y máxima de 30 °C.

Una vez emergidas las larvas estas son depositadas en vasos con dieta artificial, alrededor de 35 huevecillos por vaso son insertadas. Se tiene un aproximado del 10 % de larvas que no logran emerger.

Las larvas que logran emerger pasan 21 días durante las salas de desarrollo a una temperatura de 28 °C – 30 °C. En un periodo de 30 días las larvas hacen un total de 5 mudas, durante la última muda la larva se encuentra lista para pasar al estadio de pupa.

f. Proceso de parasitación en laboratorio

Diariamente son parasitadas 7200 larvas con un éxito de parasitación del 85 %. La parasitación tiene una efectividad del 92 % de emergencia. Realizada la parasitación de laboratorio, el parasitoide *Cotesia flavipes* sale a los 11 días por medio de los espiráculos de la larva para formar ceda para formar masas o cocones (grupo de pupas), a los 13 días las masas o cocones ya se encuentran realizadas.

Para la eclosión de los cocones, las masas son introducidas en vasos con alimento, de una solución de miel al 10 %. Los vasos se sellan y son enviados a salas de desarrollo, al cuarto día emergen los parasitoides dejándolos completamente a luz durante el día 1.

g. Liberación del parasitoide *Cotesia flavipes*

Para la liberación de parasitoides, vasos con contenido de 2000 individuos son entregados con una proporción de 60 % de hembras y 40 % de machos. La temperatura dentro de las áreas de desarrollo resultan ser un factor crucial para garantizar la existencia de una mayor proporción de hembras, por medio de una mayor temperatura. Los machos únicamente son funcionales para la situación de la copula, puesto que las hembras son las encargas de realizar el proceso de parasitación en campo.

h. Producción de parasitoide *Aprostocetus esurus*

Este insecto se encarga de la parasitación de pupas de lepidópteros. Dentro de la caña de azúcar ha sido implementando como parte del manejo integrado de las poblaciones del barrenador del tallo *(Diatraea crambidoides).* El parasitoide posee un ciclo biológico de 14 días dentro de su hospedero, al momento que los adultos emergen, realizan de 1 hasta 4 orificios circulares a través de la exubia de la pupa del barrenador.

En no todos los casos se logra alcanzar la emergencia de la totalidad de parasitoides, algunos de los factores críticos que limitan dicha situación están: el tiempo transcurrido desde la formación de la pupa y la irregularidad de la pupa en cuanto a su forma. *Aprostocetus esurus* se caracteriza por alcanzar hasta un 85 % de parasitación bajo condiciones de laboratorio, según información obtenida del Departamento Técnico Agrícola del Ingenio Santa Ana.

Para llevar a cabo el proceso de parasitación, las pupas de barrenador son alimentadas con una dieta seca, 27 % de bagazo de caña.

C. Laboratorio biotecnología

En dicha área se lleva a cabo el proceso de micropropagación, en donde se obtiene nuevo material con características idénticas a la planta madre, siendo estas iguales en cuanto a caracteres fenotípicos como genotípicos. De igual forma a través de la técnica de cultivo in vitro se logra la producción de material libre de cualquier contaminante (virus, hongos y bacterias) y producciones a gran escala. Nuevas variedades de caña de azúcar con

características específicas son producidas dentro de este laboratorio y algunas otras especies ornamentales con fines comerciales.

D. Laboratorio de hongos entomopatógenos

El laboratorio de hongos entomopatógenos se dedica a la producción de diferentes microorganismos para la reducción y disminución de plagas de interés económico en el cultivo de la caña de azúcar *(Saccharum officinarum).*
Los productos que son trabajados por la unidad de hongos entomopatógenos son los siguientes: *Beavueria bassiana, Metharhizium anisopleae, Isaria fumosorosea y Thrichoderma spp.*

El laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógeno realiza labores para la producción de diferentes tipos de hongos, cepas y hongos nativos.
Dentro de la producción de hongos entomopatógenos condiciones controladas son manejadas rigurosamente, tal como la temperatura y humedad relativa. Esto debido a las limitaciones que presentan algunos organismos para su crecimiento y esporulación.

El cuadro 1, presenta la serie de productos producidos a nivel de laboratorio para el control de plagas agrícolas en el monocultivo de la caña de azúcar, por parte del Ingenio Santa Ana.

Cuadro 1. Plagas, hongos y contaminantes, usos de los productos generados por del Departamento Técnico Agrícola, Ingenio Santa Ana.

Plaga del cultivo de caña *(Saccharum officinarum)*	Hongo entomopatógeno
Barrenador del tallo *(Diatraea crambidoides)*	*Beauveria bassiana.*
Phyllophaga spp.	*Beauveria bassiana.*
Chinche salivosa *(Aenolamia postica)*	*Metharhizium anisopleae*
Chinche salivosa *(Aenolamia postica)*	*Isaria fumosorosea*
Desinfección de semilla y/o agentes contaminantes	*Thichoderma harzianum*

Fuente: Departamento técnico Agrícola, 2019.

E. Planta de rodenticida

La planta de rodenticidas cumple con la función de elaborar cebos para la muerte de roedores de campo. En donde la especie predominante trata la rata cañera *(Sigmodon hispidus)*

El cebo para los roedores se encuentra elaborado a partir de:

Maíz quebrado, Racumin (Brimadiolona) y harina de pescado. Todos los componentes se meten a una mezcladora durante 40 min.

Adicional a la elaboración de cebo por la planta de rodenticida, esta se dedica a la elaboración de trampas adhesivas para la captura de adultos de chinche salivosa *(Aenolamia postica),* estas trampas son elaboradas con dimensiones de 0.8 m x 0.60 m, de coloración verde, debido a que la plaga responde ante el estímulo causado por este color.

D. Laboratorio de control de calidad e investigación

En esta área se llevan a cabo labores que regulan la eficiencia de los diferentes procesos que son realizados en el resto de los laboratorios de producción. Adicional a esto también se genera nuevos proyectos de investigación, que contribuyan a la mejora del manejo integrado de plagas por parte del Departamento Técnico Agrícola.

F. Trabajo de campo

El departamento técnico agrícola orienta sus labores de campo principalmente al manejo de cuatro plagas de mayor importancia dentro del cultivo de la caña de azúcar, siendo estas: barrenador *(Diatraea crambidoides)*, chinche salivosa *(Aenolamia postica)* y roedores de campo *(Sigmodon hispidus).* Los trabajos realizados para el control y mitigación de las poblaciones son realizados con base a muestreos, aplicaciones, controles manuales como el establecimiento de trampas, entre otras situaciones. Estas medidas de control son realizadas bajo la observación y guía de un técnico capacitado.

1.5.3. Proyectos ejecutados y nuevos desarrollo manejados por el Departamento Técnico Agrícola

Parte de la información generada para el manejo de las diferentes plagas de la caña de azúcar, surge mediante el establecimiento de pruebas exploratorias que posteriormente desencadena evaluaciones más complejas. Algunos de los productos generados por las diferentes unidades productivas constantemente son sometidas a mejoras con el objetivo de hacer un mejor uso de los recursos, así como de controles más eficientes para la supresión de plagas. La unidad de control de calidad e investigación agrícola es la agrupación encargada de liderar estas acciones, bajo los parámetros fijados por el jefe de departamento.

Dentro de las labores que realiza el laboratorio de control de calidad están:

a. Controles del laboratorio de hongos entomopatógenos
b. Viabilidades de los diferentes hongos manejados
c. Concentración del material (conidios/ml)
d. Pruebas de parasitismo
e. Dosis letales (DL 50 y DL 90)
f. Tiempo letal (DL 50 y DL 90)
g. Controles del Laboratorio de producción de parasitoides
h. Conteos de vasos para liberación
i. Parasitismos de campo
j. Selección de crisálidas como material de parasitación
k. Validación de nuevas dietas alimenticias para larvas de barrenador
l. Establecimiento de vasos de liberación mediante geoposicionamiento

Adicional a los procesos de control que son ejecutados a partir del material producido por las diferentes unidades se realizan otras labores especificas referentes al control de diversas plagas, entre las cuales destacan:

a. Manejo de chinche salivosa, *Aenolamia postica.*

Análisis de muestras de suelo para el conteo de huevos fértiles de chinche salivosa *(Aenolamia postica).*

Adicional al manejo de chinche se elaboran trampas adhesivas para la captura de adultos las cuales son elaboradas por una unidad de producción bajo el cargo del Departamento Técnico Agrícola.

Así mismo para el manejo del insecto se realizan las siguientes labores:

i. Uso de rastra sanitaria para la eliminación de huevos de chinche salivosa
ii. Captura de adultos para la generación de un pie de cría.
iii. El uso del hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea*

b. Manejo para plagas de suelo

i. Identificación de especies para coleópteros del género *Phyllophaga spp.*
ii. Extracción de genetalias para la identificación de especies.
iii. Uso de feromonas como atrayentes en trampas para adultos del género *Phyllophaga spp.*

c. Proyectos de investigación y desarrollo de información

i. Evaluación de feromonas para la captura de adultos machos de barrenador del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea crambidoides)* en cañales de diferentes edades.
ii. Uso de cepas de *Beauveria bassiana*, a través de aplicaciones terrestres.
iii. Uso de *Metharhizium anisoplae* a través de aplicaciones terrestres mediante aguilón.
iv. Liberación de parasitoides.
v. Aplicaciones áreas mediante Dron y helicóptero

1.5.4. Procesamiento de la información

Para la recopilación de información con base a las diferentes plagas que afectan el cultivo de caña *(Sacharrum officinarum)* y que son manejadas por parte del Departamento Técnico Agrícola, se enlisto una serie de labores que son realizadas para la reducción y minimización de las poblaciones de estos organismos interferentes, los cuales afectan los procesos productivos y que en términos económicos tienen implicaciones para la empresa. Cada una de las tareas y controles que son realizados por parte del Departamento Técnico Agrícola contribuyen significativamente a la generación de información para el desarrollo de mejores y más eficientes técnicas de control.

La información procesada a partir de la serie de análisis y muestreos que se realizan para el control de las diferentes plagas, indicio que los factores de mayor relevancia tratan de: porcentaje de infestación, porcentaje de intensidad de infestación, densidad poblacional (individuos/ ha), porcentaje de parasitismo alcanzando en campo, rendimiento del cultivo (TC/ ha y Taz/ ha).

1.5.5. Identificación sobre las principales agravantes en cuanto al control y supresión de plagas de la caña de azúcar

A. Árbol de problemas

La diagramación que se presenta a través de un árbol de problemas referentes a las dificultes del manejo y liberación de parasitoides, permite identificar la raíz de del problema respecto al bajo porcentaje de parasitación en el control de barrenador *(D. crambidoides),* en campo, que se ha registrado durante las últimas temporadas de liberación de biorreguladores.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 2. Árbol de problemas para el diagnóstico de bajas en cuanto a la eficiencia de parasitación de parasitoides en campo.

Con base a la información primaria y secundaria recabada en el área de laboratorio de producción de parasitoides se deben priorizar en cuanto a la generación de nuevas investigaciones que atribuyan datos concretos con respecto a los temas de:

1. Metodología de transporte, liberación de parasitoides, dosificación de parasitoides a liberar y puntos de liberación
2. Temperaturas óptimas para liberación de parasitoides y tiempo de vida de parasitoides en campo
3. Barreras vivas para el resguardo y conservación de insectos benéficos.

B. Matriz priorización de problemas.

La figura 2, presenta una diagramación sobre el orden de problemas más relevantes que competen el manejo y uso de parasitoides para el control biológico del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

		Criterios						
		Daño incurrido	Procesos afectados ante la problemática	Facilidad de solución	Disponibilidad de recursos ante la solución planteada	Tiempo para alcanzar la posible solución	Beneficios tras la solución planteada	Totales
	Valores	(1-10)	(1-10)	(1-10)	(1-10)	(1-10)	(1-10)	-
Problemas	Transporte y traslado de parasitoides	10	10	5	8	5	10	**48**
	Dosificación de parasitoides a liberar	5	7	9	10	10	10	**51**
	Puntos de liberación de parasitoides	2	2	5	2	5	10	**26**
	Condiciones ambientales para la liberación de parasitoides	9	7	4	8	8	10	**46**
	Validación del uso del parasitoide *A. esurus* en condiciones de campo	10	10	8	7	7	10	**52**
	Determinación del tiempo de vida de parasitoides.	10	8	6	6	8	10	**48**
	Barreras vivas para la conservación de insectos benéficos	10	7	3	2	2	8	**32**

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 3. Matriz de priorización de problemas, proceso de liberación parasitoides producidos *Cotesia flavipes y Aprostocetus esurus.*

Se estableció un rango de valores con inicio de uno hasta un máximo de diez. Los valores inferiores denotan simplicidad en cuanto a la solución de los criterios establecidos, mientras que los valores de mayor denominación condicionan a situaciones de mayor complejidad y por ende que precisa una acción sobre estas.Con base al resultado obtenido mediante la matriz de priorización de problemas, las situaciones que presenta mayor gravedad son: validación del uso del parasitoide *Aprostocetus esurus* a nivel de campo para el control de pupas de barrenador, dosificaciones eficientes de parasitoides, longevidad de parasitoides, así como de las condiciones, manejo y transporte de los organismos.

A continuación, se detalla la situación de mayor importancia:

a. Problema

Validación del uso del parasitoide *Aprostocetus esurus* a nivel de campo para el control de pupas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

b. Daño ocasionado

Actualmente se realizan vasos de liberación con densidades 3000 individuos aproximadamente, alcanzando porcentajes del cero por ciento de parasitación en campo. Se desconoce si dosificaciones mayores contribuyen al incremento en cuanto a la eficiencia del parasitoide en campo.

c. Procesos afectados ante la problemática

De los procesos que derivan en dificultades para el manejo integrado del barrenador, la nula eficiencia reportada por el uso del parasitoide *Aprostocetus esurus* en campo, condiciona a niveles más altos de infestación, reducción en el rendimiento del cultivo, adicional al costo de la producción del insecto.

d. Facilidad ante una solución

Tras el incremento de la densidad de parasitoides *Aprostocetus esurus* por hectárea, los cuales condicionen a resultados positivos en cuanto a la tasa de parasitación. Se propondrá

una nueva metodología que reajuste la cantidad de individuos a liberar por recipiente, el número de recipientes a implementar por hectárea y los procesos implícitos dentro del manejo y acondicionamiento de parasitoides.

e. Disponibilidad de recursos ante la solución planteada

Se partirá de evaluaciones preliminares sobre condiciones idóneas para garantizar la sobrevivencia y acción del parasitoide tras su liberación en campo, esto mediante equipo de medición para el registro de condiciones ambientales.
Se procederá a realizar la construcción de un contenedor para el transporte y resguardo de los parasitoides, de manera que lleguen en óptimas condiciones a las diferentes fincas y regiones donde deberán ser liberados.

f. Tiempo para alcanzar la posible solución

El área sujeta a evaluación deberá ser un cañal de media edad aproximadamente de cinco hasta siete meses de edad respecto al corte.

Se deberá manejar el ciclo biológico de la plaga, para realizar el control de pupa, con una ventana de tiempo de ocho a diez días y así poder obtener el parasitismo del bioregulador *A. esurus* en condiciones de campo.

1.6. CONCLUSIONES

1. El sistema de trabajo de los dos ejes centrales para el manejo y control de plagas se centran en las unidades de producción laboratorios y el desarrollo de actividades en campo. En donde estas dos agrupaciones trabajan en aplicación de los diversos productos terminados, como lo son: hongos entomopatógenos, parasitoides, trampas adhesivas, rodenticidas, adicional a productos químicos para la generación de información en los proyectos de desarrollo e investigación

2. Los nuevos proyectos y desafíos en la línea de investigación están orientados al manejo y uso de parasitoides, planteando objetivos para el trabajo sobre los siguientes temas: Tiempo de vida del parasitoide en campo, número de puntos de liberación, densidades de parasitoides a liberar, condiciones ambientales propicias para realización de liberaciones, así como también de la ampliación de barreras conservación para el resguardo y promoción de la longevidad de insectos benéficos.

3. Las principales agravantes en cuanto al manejo integrado plagas se centran en las acciones de control de productos terminados y controles de campo. Siendo el tema de parasitoides y aplicación de hongos entomopatogenos los de mayor importancia. Para esto se deberá plantear diferentes manejos y metodologías de trabajo con la única finalidad de incrementar el parasitismo en barrenador de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides),* mediante el uso de los biorreguladores *Cotesia Flavipes y Aprostocetus esurus*; como también la identificación de nuevas cepas de hongos entomopatogenos de campo, incremento en viabilidades a partir de diferentes horarios de aplicación y la realización de nuevas formulaciones emulsionables.

1.7. RECOMENDACIÓN

Evaluar las dificultades que existen en cuanto al avance en investigaciones basadas en el manejo y liberación de parasitoides para el control de barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides)*, con repercusión a las bajas tasas de parasitación registradas actualmente en campo.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, Guatemala. (2019). *Bienvenidos a nuestro espacio.* https://www.santaana.com.gt/web/guest/inicio
2. Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, Guatemala. (2019). *Nuestros productos.* https://www.santaana.com.gt/web/guest/productos
3. Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, Guatemala. (2019). *Somos Santa Ana.* http://www.santaana.com.gt/espanol.htm
4. González Fuentes, J. C. (2008). *Proceso de certificación interna de competencias labores, en el área de fabricación de un ingenio azúcarero.* Tesis Ing. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería, Mecánica Industrial. 145 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1897_IN.pdf
5. González Midence, R. E. (2007). *Elaboración de la documentación previa a la certificacion ISO 9001, del laboratorio de produccion de hongo Metharhizium, en Ingenio Santa Ana.* Tesis Ing. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería, Mecánica Industrial. 310 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1757_IN.pdf

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL PARASITOIDE Aprostocetus esurus, PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PUPAS DE BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (Diatraea crambidoides), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A. .

2.1. PRESENTACIÓN

El cultivo de caña representa una de las principales fuentes de empleo y generación de divisas para el país. En el departamento de Escuintla, la generación de empleos directos e indirectos condiciona a que exista un mejor índice de desarrollo en la zona, con habitantes con mejores condiciones sociales, índices de desnutrición bajos y una mayor escolaridad en niños.

De los principales productos y servicios obtenidos del cultivo de la caña de azúcar, se encuentra el azúcar, la melaza, materia orgánica, alcoholes y la energía eléctrica. El 30 % de la producción es de consumo para el mercado interno y el 70 % tiene como destino puntos internacionales del material de exportación. En donde se hace necesario cumplir con las necesidades del consumidor y altos estándares de calidad impuestos por estos mercados extranjeros (santa ana grupo coorporativo, s.f.).

Debido al creciente porcentaje de infestación de plagas en el cultivo de caña, *Saccharrum officinarum,* nuevas técnicas y metodologías de control han sido implementadas. El control biológico, a partir de liberaciones de parasitoides condiciona a una reducción en el porcentaje de infestación de una de las principales plagas de la caña de azúcar. Logrando controles en insectos específicos como: barrenador del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea crambidoides)*. Insecto que afecta los tallos de caña creando orificios en la epidermis de la planta, haciendo galerías en la parte media del tallo, condicionando a la existencia de hongos fitopatógenos y bacterias que penetran por medio del daño mecánico causado por el daño del barrenador.

Como efecto de la infestación de barrenador en el cultivo de caña," por cada 1 % de entrenudo dañados condiciona a una pérdida de 32.4 kg de azúcar por hectárea" (Meneses *et al.* 2017). Algunos de los agentes de control biológico empleados para la mitigación de pérdidas causadas por daño de barrenador, se encuentran los Hymenopteros tales como*:*

Trichogramma spp, *Aprostosetus esurus* y *Cotesia flavipes*. Cada uno de ellos haciendo efectos de parasitación a lo largo del ciclo biológico de la plaga. Los estados parasitados

son: *Trichogramma spp*. parasitoide de huevos de barrenador, larvas afectadas por la parasitación de *Cotesia flavipes* y pupas o crisálidas parasitadas por *Aprostosetus esurus*.

El experimento fue realizado en condiciones de campo en el Ingenio Santa Ana, donde fueron empleados puntos específicos con tallos previamente seleccionados a los cuales larvas de barrenador con 11 días de emergencia fueron introducidas, en la parte media del tallo y la axila de la hoja. Cuando las larvas insertadas alcanzaron la fase de pupa, se procedió a realizar tres liberaciones continuas del parasitoide *Aprostocetus esurus,* mediante tres densidades distintas. Esto con el objeto de asegurar la presencia de material idóneo para la parasitación, donde se establecieron tallos de control para observar el ciclo de la plaga a partir de su inserción en los tallos seleccionados.

Se contó con la totalidad de cuatro tratamientos incluyendo un testigo absoluto y cuatro repeticiones, para un total de 16 unidades experimentales. La variedad de caña de azúcar fue CG02-163, plantilla con cinco meses respecto a su establecimiento al momento de realizada la evaluación; con fecha de siembra 09/05/2019 y corte 12/04/2020.

Los resultados obtenidos permitidos permitieron identificar que el parasitoide *Aprostocetus esurus* para el control de pupas de barrenador del tallo de la caña de azúcar, presentó 0 % de parasitación, en condiciones de campo, bajo una liberación controlada; por tanto, ninguna de las densidades de parasitoides fue efectiva.

El nulo efecto de parasitación puede deberse a varios factores en la relación parasitoide-huésped (hospedero) que influye factores genéticos, de comportamiento, de comunicación y de manejo para esta investigación realizada en el año 2019.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

A. Nivel de daño económico ocasionado por la afección de plagas

El nivel de daño económico esta ejercido por la densidad de una plaga determinada la cual causa disminución en el valor económico de la producción del cultivo, a continuación, se detalla mayor información:

De acuerdo con Stern *et al*. citado por Marquez (2011), el nivel de daño económico se interpreta como el costo de la medida de control igualada al beneficio económico esperado. La acción de control que rescata el rendimiento, el cual se hubiera perdido sino se toma la decisión de la medida de control.

Esto se expresa por la ecuación:

C= ID x D x P x K
C= costo económico asociado a la medida de manejo de la plaga.
ID= El índice de daño determinado para la plaga.
D= Densidad poblacional de la plaga.
P= precio unitario de venta del producto.
K= grado de supresión de la plaga por la medida de control.

El rendimiento salvado tiene un valor monetario estimado a partir de los parámetros biológicos y económicos representados por (ID, D, P, K). Esto debe ser igual al valor monetario invertido en la acción de control. El ID es la perdida de azúcar por hectárea (Meneses *et al*. 2017).

En el cuadro 1 se detalla los factores considerados para la concepción del umbral de daño económico que ejercen los daños ocasionados producto de las principales plagas de la caña de azúcar.

Cuadro 2. Factor de pérdida e índice de daño estimado para las principales plagas de importancia en el cultivo de caña de azúcar (Saccharrum officinarum). Guatemala, Zona cañera, 2014

Plaga	Factor de pérdida	Índice de daño	Umbral económico
Chinche salivosa	8.21 TCH/ 1 ad/ Tallo 5.83 kg Az/t/ 1 adulto/ tallo.	1,465 kg Az/ ha/ 1 adulto/ tallo	0.05-0.10 ninfas y adultos / tallo
Gallina ciega	0.62 TCH/ larva/ m^2.	70.9 kg Az/ ha/ 1 larva/ m2	10 larvas/ m2
Rata de campo	0.5 TCH / 1 % infestación. 2.19 kg Az/ t / 1 % i.i.	65 kg Az/ha / 1 % infestación	6 % de tallos dañados
Barrenador del tallo	0.36 kg Az/t/ 1 % intensidad de infestación	32.4 kg Az/ha/ 1 % intensidad de infestación	7 % de intensidad de infestación
Chinche hedionda	0.053 TCH/ insecto/ m^2	6.09 KG Az/ ha / 1 % Intensidad de infestación	100 insectos/ m^2
Termitas subterráneas	0.45 TCH (CP 72-1312) 0.22 TCH (CP 72-2086)	23.3 – 47.7 Kg Az/ ha/ 1 % Infestación	10 % de tallos dañados en cosecha

Fuente: CENGICAÑA-CAÑAMIP citado por Marquéz 2011.

B. Principales plagas de importancia económica, en el cultivo de caña de azúcar

Actualmente existen cuatro plagas de importancia económica, siendo estos: chinche salivosa, barrenadores del tallo, plagas de la raíz y la rata de campo (Meneses *et al*. 2017).

De acuerdo con Badilla, citado por Lopéz (1997), los barrenadores son una de las plagas más importantes en el cultivo de la caña de azúcar debido a que afectan los tallos, causando la formación de yemas laterales, la quiebra de tallos molederos o maduros y bajas en el rendimiento de sacarosa.

C. Plaga de barrenadores del tallo de la caña de azúcar

“Los barrenadores del tallo corresponden a insectos del género *Diatraea*, principalmente las especies *D. crambidoides* (Grote) con 73 % y *D. saccharalis* (Fabricius) con 27 % de incidencia” (Meneses *et al*. 2017).

Meneses et al. 2017, señaló el daño ocasionado por el estado de larval en donde la actividad alimenticia del barrenador provoca la muerte del meristemo apical, o síntoma del corazón muerto para la etapa del macollamiento, de manera que la larva inicia con la construcción de galerías durante las siguientes etapas fenológicas de elongación y maduración. Esto condiciona a una baja en el rendimiento del cultivo, a proliferación de hongos fitopatógenos como *Colletrotichum spp*., a reducciones en el Pol y brix, aumentando el porcentaje de fibra.

D. Clasificación taxonómica del barrenador de la caña de azúcar

El género *Diatraea* el cual es perteneciente al barrenador de la caña de azúcar, tiene una metamorfosis holometábola o metamorfosis completa, su desarrollo fisiológico está comprendido por: huevo, larva, pupa y adulto.

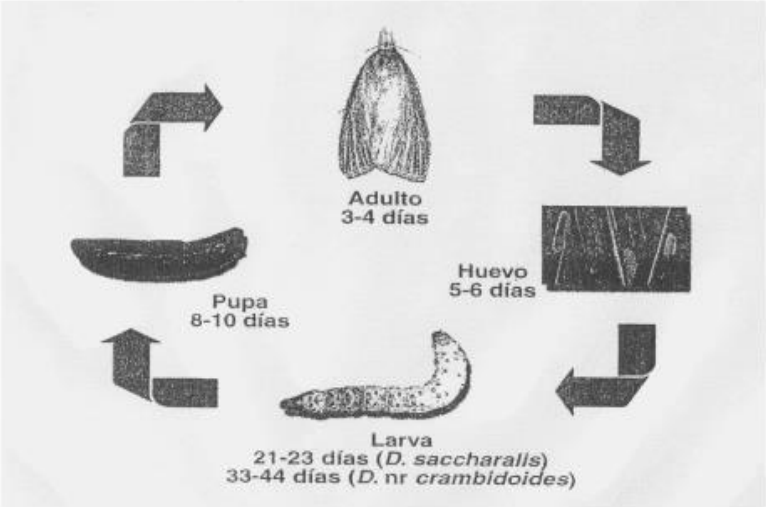
Phylum: Artropoda
Clase: Insecta o Hexápoda
Sub-clase: Pterygota
Division: Endopterygota
Super orden: Mecopteroidea
Orden: Lepidoptera
Familia: Pyralidae o Crambidae
Género: Diatraea
Especie: *D. Crambidoides* (Myers *et al*. 2020).

E. Ciclo de vida de la especie, *Diatraea crambidoides*

Esquivel citado por Lopéz (1997), reporta que el adulto de *Diatraea crambidoides*. es un lepidoptero nocturno, que vuela a distancias muy cortas. El adulto de color blanquecino, amarillo pálido o café. Hembras fecundadas con capacidad de ovipositar de 100 a 400 huevos, dependiendo de la especie, los cuales son ovipositados en el envés de la hoja de la caña.

Según Tejeda, citado por Najarro (2009), indico lo siguiente: “El tiempo de los cuatro estados de desarrollo depende de la especie y las condiciones climáticas de la región, el ciclo (+/-) es de 4 a 15 días para huevo, 20 a 84 días para larva, 6 a 14 días para pupa y 3 a 8 días de adulto”.

En la figura 1 se presenta el ciclo biológico de la plaga del barrenador de la caña de azúcar *(Diatraea spp).* Siendo la especie *D. crambidoides* de mayor influencia en el sector de la costa sur.



Fuente: CENGICAÑA citado por Najarro, 2009.

Figura 4. Ciclo biológico del barrenador de la caña de azúcar.

a. Huevo

Huevos colocados en masas. De forma ovalada, elípticos, apanados y de tamaño en función de la especie. Unidos entre sí y al sustrato por medio de la glándula accesoria la cual brinda una sustancia que permite dicha unión, esto al momento en que la hembra realiza la oviposición. Los huevos recién puestos presentan un color blanco luego en medida del desarrollo embrionario se tornan opacos de color naranja, antes de eclosionar se logran distinguir las cabezas de pequeñas larvas que roen el corion de los huevos hasta romperlo y lograr completar el desarrollo embrionario (Collazo, citado por Najarro 2009).

b. Larvas

De acuerdo con Najarro (2009), las larvas son eruciformes típicas de los lepidopteros, sin setas secundarias. Patas y propatas normales. Ganchos en las propatas: triordinales en círculo completo y en banda longitudinal en la propata anal. Escudo cervical ancho, dividido y con lunares característicos dispuestos irregularmente.

Con tubérculos meso y metatoracico variables en forma, pigmentado y sin setas. Capsula cefálica esférica o ligeramente trapezoidal o ampliamente oval.

Cabeza de la larva es de color ámbar y posee mandíbulas masticadoras, que le permiten perforar el tallo de la caña de azúcar. Las larvas completamente desarrolladas pueden medir de 15 mm a 25 mm y aparecen en números de una atacando por caña de azúcar y en menor proporción de 2 a 3 (Najarro, 2009).

En la etapa final del desarrollo larval, el insecto realiza en el tallo una perforación de mayor tamaño, la cual queda cubierta por una delgada capa de epidermis, en donde se aletarga cerca de esta perforación para iniciar con el proceso de transformación (Najarro, 2009).

La figura 5, la cual se presenta a continuación trata de una representación gráfica sobre la morfología de una larva de la especie de barrenador *D. crambidoides*, la cual fue concebida y manipulada bajo condiciones de laboratorio.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 5. Larva de barrenador del tallo de la caña de azúcar (D. crambidoides). Guatemala, Departamento de Escuintla, 2019.

c. Pupa

Najarro (2009), indicó pupas de tipo adectica, es decir con órganos bucales no móviles y de forma obtecta en donde los apéndices corporales se observan pegados al cuerpo mediante una secreción o liquido exuvial. En el extremo terminal presenta el poro genital para la identificación de sexo.

Al finalizar el proceso de pupación emerge el adulto que se libera de la exuvia protectora de la pupa y rompa la delgada capa de epidemias (Collazo, citado por Najarro, 2009).

La figura 6, la cual se detalla a continuación indetifica la fase de pupa que es el periodo de trasnformacion que sufre el lepidoptero de Diatraea spp, para posteriormente alcanzar la fase adulta.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 6. Crisálida de barrenador del tallo de la caña de azúcar, *(D. crambidoides.)*. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

d. Adulto

Polilla nocturna de color pajizo de poco más de 1 cm de longitud. Los machos generalmente más pequeños que las hembras y tiene un abdomen más fino y alas más oscuras. Los adultos son el estado con mayor movilidad del insecto. Para que exista una reproducción exitosa las hembras deben estar sexualmente maduras para atraer los machos mediante las gandulas sexuales ubicadas en la mitad posterior del abdomen, donde ocurre el acoplamiento y fecundación (Collazo, citado por Najarro, 2009).

e. Oviposición

La oviposición es llevada a cabo por las hembras durante la noche, en el envés de la hoja de la caña de azúcar, cercana a la nervadura central. Muchas veces las oviposiciones pueden ser localizadas en la base o en el ápice (Collazo, citado por Najarro 2009).

La producción de los huevos comienza luego de 7 h, pasada la copula y continua hasta el sexto o séptimo día de vida de la hembra, con un promedio de 300 huevos con 80 % de fertilidad (Najarro, 2009).

F. Descripción morfológica de *Diatraea crambidoides.*

Capsula cefálica de color marrón y CER de color marrón claro. Lunares de color más oscuro que la cabeza y el CER. Tubérculo mesotorácico en forma de “B” alargado de ancho uniforme y con una incisión media anterior bien definida. Ocelo 5 más grande que el resto. Mandíbula con cuatro dientes bien definidos, siendo los dos primeros puntiagudos. Ganchos de la propata anal dispuestas en forma de C abierta (Najarro, 2009).

C. Pérdidas por daño de barrenadores en el cultivo de caña de azúcar

De acuerdo con CENGICAÑA, citado por Najarro (2009) pudo conllevar a los resultados de: “Por cada 1 % de intensidad de infestación (i.i) causado por barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea spp.)*, existen pérdidas que tienden a incrementarse en 0.69 kg az/ tc, en la variedad CP722086”.

Resultados que fueron percibidos durante la zafra 2017-18 mediante el uso de la variedad CG02-163 y CP72-2086, posicionan como mejor opción, por sus carácteres de

adaptabilidad y diferencias en cuanto a TAH y TFH, la variedad CG02-163 para incrementar su productividad dentro de la agroindustria azucarera de Guatemala (Orozco *et al.* 2018).

Se preveen cambios varietales a partir de la zafra 16-17 y la proyección a la zafra 2021-22, conformada principalmente por CP173-1547, CG98-46, CG02-163 y CP 72-2086 en el primer tercio de zafra. La variedad CG02-163 se incrementará en los ingenios la Unión, Palo Gordo y Pantaleón; en tanto que la variedad CP72-2086 disminuirá en todos los ingenios exceptuando Santa Ana (Orozco *et al.* 2018).

La figura 7 que a continuacion se muestra, detalla el daño mecanico producto de la incidencia de larvas de barrenador sobre tallos de caña de azúcar, galerias en el interior de la planta.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 7. Galerías ocasionadas por la infestación de barrenador del tallo de la caña de azúcar. Guatemala, departamento de Escuintla, región V, Finca California, lote 211, Ingenio Santa Ana, 2019.

D. Daños causados para el proceso de transformación

Dentro del complejo de problemas causados por el daño de barrenadores, las principales situaciones son: la acidificación de jugos, reducción de azúcares y formación de azúcares reductores, oscurecimiento de jugos y aumento de la producción de mieles. Lo que condiciona en bajas de rendimiento general (Badilla, 2006).

E. Medidas de control para barrenadores

Según (Meneses *et al.* 2017), establecen que para el control de barrenador se debe priorizar con las actividades siguientes:

Emplear semilla sana en áreas de renovación, hacer cortes manuales al ras del suelo, entresaque de larvas durante el macollamiento, esto es opcional basado en los requerimientos de cada ingenio, control biológico mediante liberaciones de parasitoides como *Trichograma spp*. *y Cotesia flavipes*, en áreas de infestación baja o moderada, mediante liberaciones en puntos y diferentes dosis, según las experiencias y evaluaciones registradas, alternancia con productos biológicos como *Bacillus thuringiensis* y virus de la poliedrosis nuclear; productos reguladores del crecimiento (Triflumuron, Novaluron, Tebufenozide) y productos de origen químico a base de Clorantraniliprol y Flubendiamida, enemigos naturales, de *Diatreae spp.* (Meneses *et al.* 2017).

F. Biocontroladores del barrenador del tallo en la caña de azúcar

Según Box, citado por Ochoa (2013), afirma la existencia de alrededor de 60 especies biológicas: insectos, hongos y nematodos con la capacidad de causar parasitación o depredación en los diferentes estados de desarrollo de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea spp)*. Predominando los bioreguladores en los estados de huevo y larva. Dentro de los organismos reguladores naturales de *Diatraea spp*. más utilizados en

programas de control biológico se encuentra el grupo de taquinidos al igual que algunos grupos de braconidos y trichogramatidos.

G. Dificultades en el proceso de parasitación mediante el uso de *Diatraea spp.* como hospedero

Según (Badilla 2006), afirma que en el caso de uso y liberación de parasitoides una de las principales dificultades consiste en el encapsulamiento de huevos de un parasitoide, puesto que el sistema inmunológico del insecto mata al parasitoide invasor. El huevo es atacado y cubierto por hemocitos, células de la hemolinfa, producidas por el hospedero *(Diatraea crambidoides)*.

“El mecanismo de encapsulamiento es la principal reacción celular del huésped frente a insectos endoparasitoides”. (Glatz *et al*. citado por Ali Mahmoud 2011). Peq Hernández 2015, reconoció un 32 % de encapsulamiento en el instar III, 18 % instar IV y 20 % instar V de *Diatraea crambidoides* como hospedero y el uso del endoparasitoide *Cotesia flavipes.*

H. Feromonas en el manejo integrado de plagas

a. Kairomonas en el uso de Parasitoides

Los parasitoides se guían de señales visuales, físicas y químicas para la localización de su hospedero. El termino Kairomona es descrito para la señal favorable para el receptor, pero no en el emisor. León 2016. Las Kairomonas pueden ser percibidas por los parasitoides a corta y larga distancia, o bien por contacto directo. Las kairomonas que son percibidas a corta distancia tienen mayor utilidad en la localización del hospedero (CENTA-CATIE, 1987).

Las feromonas son definidas como una o varias moléculas, compuestas entre 5 y 20 carbonos; en donde resultan de utilidad al servir como medio de comunicación intraespecífico en los insectos (CENTA-CATIE, 1987).

Dentro del manejo integrado de plagas el uso de Kairomonas se ha concentrado en el trabajo en avispas parasitoides del género *Trichogramma spp.* y el depredador *Chrysopa carnea*. Se ha evidenciado que ciertas Kairmonas asociadas a escamas de lepidopteros contribuyen a una búsqueda intensiva y localización en algunos parasitoides (Cuevas, s.f.).

Jones et. al. (1976) reportó a partir de un bioensayo el uso de kairomonas sobre el comportamiento de *Trichogramma spp*, el cual indicó efectos positivos en materia de búsqueda intensiva del hospedero, retención en campo por mayor tiempo y una mejor distribución de los huevos del parasitoide tras el empleo de un menor tiempo por hospedero, disminuyendo la posibilidad de superparasitismo (CENTA-CATIE, 1987).

I. Parasitoides de pupas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea spp.)*

a. *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae)

Encontrado en el cultivo de arroz y posteriormente en caña de azúcar, en el área de Cuba, provincia de Matanzas. Inicialmente el parasitoide fue reportado como *Aprostocetus westwood* (Hymenoptera: Eulophidae); en el año de 1999 fue reclasificado por el Center Agricultural Bioscience International (CABI), como *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) *(*Álvarez, citado por Cruz 2017*).*

T. howardi actúa como hiperparasitoide facultativo teniendo un considerable número de hospederos; entre ellos pupas de lepidopteros, coleópteros e hymenópteros de la familia Eulophidae (Álvarez, citado por Cruz 2017*).*

Numerosas especies que integran la superfamilia Chalcidoidea. Gran parte de las especies integrantes son parasitoides, los cuales tienen como hospederos larvas de insectos holometábolos de ordenes como Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, entre otros. A su vez se ha registrado parasitismo en huevos y en algunos otros casos particulares en prepupas y pupas (Indica Fernández y Sharkey citado por Sosa, 2009).

Según Pujade, citado por Quishpe (2009) establece que el parasitoide *Aprostocetus spp.* se caracteriza por "venación más o menos interrumpida entre la vena submarginal y el estigma, vena submarginal con 2 – 8 setas, vena postmarginal ausente o reducida, vena marginal no agrandada. Pronoto no alargado, nódulos completos más o menos rectos, axila prolongada. Escutelo con dos líneas acanaladas longitudinales."

b. Parasitoide *Aprostocetus spp*. (Hymenoptera: Eulophidae)

A continuación, se detalla la clasificación taxonómica del parasitoide de pupas de barrenador *Aprostocetus esurus*, empleado como organismo regulador en la caña de azúcar.

Clasificación taxonómica.
Reino: Animal.
Phylum: Arthropoda.
Clase: Insecta.
Orden: Hymenoptera.
Suborden: Apocrita.
Superfamilia: Chalcidoidea.
Familia: Eulophidae.
Subfamilia: Entedoninae.
Género: Aprostocetus.
Especie: *Aprostocetus esurus* (Meléndez, 2015).

a. Especies del parasitoide identificadas

Dentro de las especies identificadas se detalla: *Aprostocetus fusicola, Aprostocetus exertus, Aprostocetus esurus, Aprostoctus cerricola (*Meléndez, 2015).

i. Características del insecto *Aprostocetus esurus*

(Aprostocetus esurus) parasitoide de crisálidas de lepidópteros, tamaño de 10 mm a 15 mm. Dicha especie cuenta con abdomen redondo, siendo este más pronunciado en hembras y antenas delgadas. Avispa de color negro, con patas amarillas, fase inmadura de ojos rojos. Antenas filiformes. El radio de vuelo del parasitoide abarca 0.5 m, una avispa tiene la capacidad de volar un tramo de 1 m^2 (Melendéz, 2015).

La figura 8, la cual se presenta a continuación detalla los caracteres físicos del parasitoide *Aprostocetus esurus*, imagen obtenida mediante la visualización de un estereoscopio.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 8. Parasitoide *A.esurus,* hembra con longitud de 13 mm, abdomen redondo, antenas filiformes, patas amarillas. Guatemala, departamento de Escuintla, Departamento Técnico Agrícola, 2019.

ii. Diferenciación de macho y hembra del parasitoide *Aprostocetus esurus*

Los machos del parasitoide *A. esurus* son de menor tamaño que las hembras, con un tamaño de 10 mm, hembras con un tamaño de 13 mm. El abdomen de los machos de menos tamaño y el de las hembras de mayor medida y forma de gota. Esta especie cuenta con alas con microtrichios (Melendéz, 2015).

En la figura 9, se presentan los caracteres físicos distintivos entre macho y hembra adultos del parasitoide de pupas de barrenador de la caña de azúcar, *Aprostocetus esurus*.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 9. Parasitoides *A.esurus,* hembra con longitud de 13 mm, abdomen redondo, antenas filiformes, patas amarillas; macho con longitud de 10 mm abdomen plano, patas amarillas. Guatemala, departamento de Escuintla, Departamento Técnico Agrícola, 2019.

iii. Ciclo de vida del insecto

El parasitoide *Aprostocetus spp.* presenta un ciclo de vida que consta de 4 estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Los nuevos adultos tardan en emerger 14 días después que las hembras hayan realizado el proceso de parasitación al hospedero. Estos insectos emergen solos, tras formar una abertura circular en cualquiera de las partes del hospedero y salen de manera individual cada uno de los nuevos parasitoides, todas emergen dejando únicamente la exuvia del hospedero (Melendéz, 2015).

2.3. MARCO REFERENCIAL

2.3.1. Ubicación geográfica de la empresa

Las oficinas Operativas se encuentran situadas en km 64.5 carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, finca interior Cerritos, departamento de Escuintla. Está ubicado a una altura comprendida entre 10 m y 150 m s.n.m., una latitud comprendida de 13°57’ a 14°15’ y una longitud de 90°43’ a 91°00’ aproximadamente (Santa Ana Grupo Coorporativo, s.f.).

2.3.2. Características del área de estudio

A. Clima

López, citado por Paz Fon (2010), expreso lo siguiente: “El clima es cálido, con una temperatura promedio que va de 27°C hasta 28 °C, con una precipitación promedio anual de 2220 mm en la época lluviosa (de mayo a noviembre).

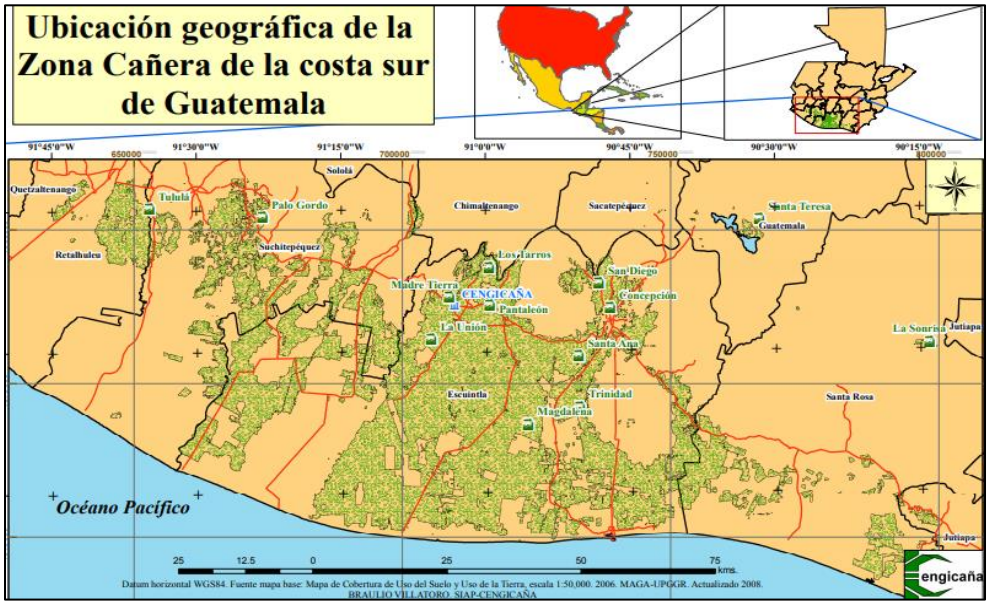
B. Suelos

Suelos de la región característicos por contar con buen drenaje, por donde el movimiento del agua superficial se ve favorecido a través de los diferentes horizontes que integran el perfil del suelo. La clasificación de tierras como parte de la provincia de “Llanura Costera del Pacifico” según el manual de clasificación de tierras del Instituto Nacional de Bosques-INAB- clasificados como suelos de clase A correspondiente a agricultura sin limitaciones,

capacidad para soportar cultivos agrícolas altamente exigentes de nutrientes, sin limitaciones de pendientes, profundidad, pedregosidad o drenaje (Peq Hernández, 2015).

2.3.3. Zona cañera, ubicación geográfica del ingenio Santa Ana.

La figura 10 presenta la diagramación que comprende la zona del territorio guatemalteco que se encuentra influenciada por el cultivo de la caña de azúcar.



Fuente: Cengicaña, 2008.

Figura 10. Distribución zona cañera, Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

2.3.4. Variedad del cañal donde se ejecutó la investigación

Variedad CG02-163 presenta un incremento considerable respecto al área en donde ha sido establecida, puesto que la variedad cuenta con características deseables en términos de productividad de azúcar, resistencia a enfermedades, buenos caracteres agronómicos de manejo, adaptabilidad en diferentes estratos altitudinales. La variedad CG02-163 se ha incrementad en las últimas tres zafras, desplazando en uso a otras variedades como la CP 88-1165 (Cengicaña, 2018).

2.3.5. Estudios previos realizados a nivel de campo y laboratorio, en el uso del parasitoide *Aprostocetus spp.* para el control de pupas de lepidopteros, coleópteros e hymenopteros

A. Evaluación de la eficiencia de producción y el efecto del superparasitismo del parasitoide *Aprostocetus esurus* sobre crisálidas del barrenador *Diatraea* spp., bajo condiciones controladas

La calidad sobre la producción del parasitoide *Aprostocetus esurus* mediante el uso como hospedero a la especie de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea saccharalis).*

Según Cancino (2007), enmarca la calidad del parasitoide *Aprostocetus esurus* es influenciada en gran medida por el efecto del superparasitismo en crisálidas de *Diatraea saccharalis*, manifestando que los requerimientos del parasitoide en cuanto al hospedero no son exigentes, pero la producción masiva puede presentar ligeras bajas en caso de hacer uso de superparasitismo sobre el material de parasitación.

Superparasitismo: puede ser definido como la acción en la cual las hembras de la misma especie de parasitoide ponen más de un huevo en el mismo hospedero (control bio, s.f.).

Los resultados indicaron nula diferencia en cuanto a la variable eficiencia de producción, demostrando que el parasitoide logra parasitar con éxito arriba del 90 %, no importando la relación (hospedero: parasitoide) empleada; pero si se ve influenciada en el número de parasitoides obtenidos (Cancino, 2007).

Cancino (2007), indicó: “La producción de avispas *Aprostocetus esurus,* se ve influenciada según la proporción de parasitoides y hospedante utilizada, debido a la capacidad que

tienen las crisálidas de *D. saccharalis* para producir la progenie de hasta 10 avispas sin afectar la capacidad de sobrevivencia y capacidad parasítica de las avispas descendientes".

El cuadro 3 que a continuación se presenta es fundamentado en la serie de resultados obtenidos bajo condiciones de laboratorio para la evaluación de la eficiencia de parasitación de *Aprostocetus esurus* sobre larvas de barrenador.

Cuadro 3. Comparación de la eficiencia de producción del parasitoide *Aprostocetus esurus* sobre crisálidas de *D. saccharalis*. Ingenio Santa Ana, 2007.

Proporción	Crisálidas inoculadas	Eficiencia de parasitación	Avispas/crisálidas	Producción total	Crisálidas del proceso	Eficiencia de producción	Producción	Incremento porcentual de la producción
20	100	90	246	22,111	5.00	1200	95	125 %
30	100	90	168	15,120	3.33	800	95	54 %
9640	100	90	165	14,873	2.50	600	96	53 %
50	100	90	151	13,544	2.00	480	96	40 %
60	100	90	112	10,055	1.67	400	96	4 %
70	100	90	115	10,373	1.43	343	97	8 %
80	100	90	123	11,111	1.25	300	97	16 %
90	100	90	95	8,525	1.11	267	97	0 %
100	100	90	106	9,549	1.00	240	97	0 %

*Eficiencia de parasitación promedio de las proporciones evaluadas.

Fuente: Cancino, 2007.

a. Relación hembra macho

El departamento técnico agrícola del ingenio Santa Ana, ha realizado investigación mediante el uso del parasitoide *Aprostocetus esurus*, en ensayos de laboratorio, utilizando como hospedero la especie de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea saccharalis) y (Diatraea crambidoides)* (Cancino, 2007).

Mediante la evaluación de la especie *Diatraea saccharalis* se observó el proceso de parasitación bajo le evaluación de diferentes densidades de hospederos expuestos a un número constante de parasitoides (relación hospedero: parasitoide), en donde los resultados permitieron identificar la proporción sexual que era obtenida en la progenie en función de la cantidad de hospederos (crisálidas) empleados (Cancino, 2007).

El cuadro 4, comprende los resultados basados en la proporción sexual de parasitoides obtenida a partir de la progenie de *Aprostocetus esurus.*

Cuadro 4. Resumen de la progenie de *A. esurus* bajo diferentes proporciones de inoculación con crisálidas de *D. saccharalis*. ingenio Santa Ana, 2007.

Tratamiento	Hembra	%	Machos	%	Numero emergidos	%	Total
20/1	207	86.19	38	13.61	0	0.20	246
30/1	155	92.38	12	6.97	1	0.65	168
40/1	155	92.79	9	5.90	4	1.31	165
50/1	135	89.04	15	9.41	1	1.56	151
60/1	84	74.26	27	22.55	1	3.19	112
70/1	79	69.32	31	22.46	6	8.22	115
80/1	67	61.42	55	32.89	2	5.69	123
90/1	32	38.52	60	49.40	3	12.09	95
100/1	48	40.31	57	45.25	20	14.44	106

Fuente: Cancino, 2007.

En 2007, Cancino informó basado en los resultados percibidos a nivel de laboratorio: “Se puede observar también que los porcentajes de hembras y machos a medida que el superparasitismo disminuye la tendencia a producir más machos es mayor llegando casi a una proporción de 1:1 y el porcentaje de avispas no emergidas aumenta”. A su vez se identificó que el tratamiento que producía la mayor cantidad de hembras trato de la relación 20:1.

Cancino (2007), presento a partir de la evaluación de la eficiencia de producción y el efecto del superparasitismo del parasitoide *Aprostocetus esurus* sobre crisálidas del barrenador *Diatraea* spp*.*, el porcentaje de encapsulamiento del parasitoide con resultados variables, pero el número de parasitoides no emergidos tienden a ser una cantidad relativamente baja y puede llegar a manifestarse hasta en niveles del 14 %.

El cuadro 5 detalla el análisis Andeva generado para la evaluación del parasitoide *Aprostocetus esurus* utilizando como hospedero pupas de barrenador de la caña de azúcar *D. saccharallis.*

Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza para la variable producción de avispas no emergidas de A. esurus sobre crisálidas de D. saccharalis. Ingenio Santa Ana, 2007.

Fuente	GL	SC	CM	F Value	Pr>F
Tratamiento	8	1001.79	125.22	1.22	0.3142
Error	36	3687.67	102.43		
Total	44	4689.46			
C.V.=196.36					

Fuente: Cancino, 2007.

“El análisis de varianza no muestra diferencia significativa respecto al número de avispas no emergidas por crisálida o encapsuladas, mostrando ser sumamente variable” (Cancino, 2007).

B. Controles de calidad realizados en vasos de liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus* en el uso del hospedero *Diatraea crambidoides*

Periódicamente se realizan controles de calidad a los parasitoides que son dosificados para posteriormente ser liberados en campo. El departamento técnico agrícola realiza semanalmente controles de manera aleatorizada, seleccionando un vaso de liberación próximo a ser entregado en campo; para esto los parasitoides son manejados en frio con el objeto de dar muerte a la totalidad de avispas y así poder realizar el conteo y control de la unidad producida (Departamento Técnico Agrícola, 2019).

El control de calidad consiste en una revisión basada en: número de parasitoides vivos, número de parasitoides sin emerger o encapsulados, totalidad de crisálidas empleadas, proporción de machos y hembras emergidos (Departamento Técnico Agrícola, 2019).

El cuadro 6 presenta el resumen sobre los registros generados sobre los controles de calidad realizados en los meses pertenecientes a junio, julio y agosto sobre la producción del parasitoide *Aprostocetus esurus.* ingenio Santa Ana, Escuintla, 2019.

Cuadro 6. Boleta de registros, vasos de control de calidad del parasitoide *Aprostocetus esurus*. Laboratorio de control de calidad y proyectos de investigación, 2019.

Fecha	Número emergidos	Numero Sin emerger	Machos (%)	Hembras (%)	Número crisalidas	Total
4/06/2019	1,798	713	10.41	89.58	58	2,511
10/06/2019	1,145	521	18.75	81.25	50	1,666
17/06/2019	1,657	733	12.82	87.18	51	2,390
26/06/2019	1,657	501	9.28	90.71	38	2,158
2/07/2019	2,385	336	14.41	85.59	37	2,721
10/07/2019	2,661	494	26.86	73.14	35	3,155
16/07/2019	2,434	1,574	14.41	85.58	36	2,591
22/07/2019	2,027	750	13.39	86.60	35	2,777
8/08/2019	2,634	466	17.86	82.14	48	3,100
15/08/2019	1,668	1,152	11.42	88.57	40	2,840
20/08/2019	2,514	317	19.17	80.28	39	2,831
26/08/2019	4663	174	19.65	80.34	41	4,837

Fuente: Departamento Técnico Agrícola, 2019.

La proporción de machos según registros manejados a partir de vasos de control de calidad para el parasitoide *A. esurus* indican una media porcentual en cuanto a la proporción de machos y hembras del 15.70 % y 84.25 % respectivamente. Así mismo se han evidenciado en registros, porcentajes de encapsulamiento del 28.39 % y hasta máximos con el 60.74 % (Departamento Técnico Agrícola, 2019).

Se debe enmarcar que el porcentaje de encapsulamiento en la producción del parasitoide *Aprostocetus esurus* empleando como hospedero a la especie de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides)*, es muy variable. Pero se encuentra ligada en gran medida a la calidad del material de parasitación empleado; tal y como la edad de la crisálida, la regularidad, el tamaño (Departamento Técnico Agrícola, 2019).

a. Porcentaje de mortalidad del parasitoide

El parasitoide *Aprostocetus esurus* ha presentado caracteres de longevidad y poca mortalidad según experiencias personales por parte del jefe del departamento técnico agrícola (Departamento Técnico Agrícola, 2019).

Resultados basados en pruebas exploratorias sobre la determinación de longevidad el parasitoide *Aprostocetus esurus* han permitido identificar que el parasitoide tiene la capacidad de sobrevivir hasta un máximo de 216 horas posterior a su emergencia, es decir 9 días con vida, bajo condiciones de campo (Departamento Técnico Agrícola, 2019).

C. Vigorización de cría del parasitoide, informe departamento técnico agrícola del ingenio Santa Ana, para la producción del parasitoide *Aprostocetus esurus*

El Departamento Técnico Agrícola en la actualidad no realiza vigorizaciones de la cría del parasitoide *Aprostocetus esurus* (Departamento Técnico Agricola, 2019).

En 2019, el departamento técnico agrícola manejaba sus labores de cría y producción de *A. esurus* según el normativo descrito a continuación:

Las etapas de producción del parasitoide *Aprostocetus esurus* conllevan siete fases.

Fase I: conformación de la dieta artificial: Alternativa implementada para proveer de una fuente alimenticia que proporcionara de los nutrimentos necesarios al hospedero y así el parasitoide poder completar su ciclo biológico, haciendo su producción a nivel comercial.

Fase II: selección y realimentación de larvas de *D. crambidoides*: selección de larvas pertenecientes al IV y V instar, las cuales no cumplieron con los parámetros en la producción comercial para el proceso de parasitación de *Cotesia flavipes*. El material seleccionado se procesa con el objeto de dar uso posteriormente en la cría y producción del parasitoide de pupas *Aprostocetus esurus*.

Fase III: colecta de crisálidas y parasitación: cumple con el objeto de seleccionar aquellas crisálidas que manifiesten grado de madurez (tiernas). Crisálidas que posteriormente son utilizadas en el proceso de parasitación de *A.esurus*.

Fase IV: desarrollo del parasitoide y selección de crisálidas aptas: crisálidas parasitadas son colocadas en condiciones controladas, de manera que el parasitoide pueda llevar a cabo su desarrollo.

Fase V: dosificación y envasado de parasitoide: se colectan las crisálidas parasitadas y se realiza una estimación sobre las avispas producidas a través de un modelo lineal que permite realizar la dosificación de los vasos de liberación.

Fase VI: manejo de vasos de liberación: última fase del proceso productivo, los parasitoides son dosificados y manejados en condiciones controladas para su cópula, previo a ser liberados en campo.

Fase VII: despacho de vasos de liberación: parasitoides embalados para su envió al área de liberación, el traslado del material producido hacia las fincas donde será liberado debe

estar acompañado de sus boletas respectivas de traslado (departamento técnico agrícola , 2019).

D. Parasitismo del minador de la hoja de los cítricos *(Phyllocnistis citrella stainton)* en limón persa en Xalisco, Nayarit

La investigación estuvo ligada a la búsqueda del parasitismo en minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* en el municipio de Xalisco, Nayarit, en donde se hicieron muestreos de larvas en los meses de agosto y septiembre de 2012 y julio, agosto y septiembre del 2013, en el huerto experimental de limón persa de la Unidad Académica de Agricultura (UAA) (Estrada *et al.* 2015).

Se realizaron cinco muestreos, en los cuales se recolectaron 986 larvas de *P. citrella,* registrándose un parasitismo total de 15.82 %, del cual 1.52 % corresponde a *Baryscapus sp*., 0.10 *% a Aprostocetus sp*., 0.61 % a *Tamarixia sp*. y 1.31 % *Cirrospilus sp.* todos pertenecientes a la familia Eulophidae (Estrada *et al*. 2015).

986 larvas fueron recolectadas, 156 (15.82 %) fueron parasitadas por himenópteros pertenecientes a las familias Eulophidae y Encyrtidae.

La figura 11 que a continuación se muestra identifica la proporción de parasitoides identificados en condiciones de campo, para los años 2012 y 2013 de monitoreo.

Cuadro 2. Parasitoides de *Phyllocnistis citrella* recolectados en Xalisco, Nayarit; México (2012-2013).

				2012		2013				
Familia	Sub-familia	Genero	Especie	Ago	Sep	Jul	Ago	Sep	Total	% parasitismo
Eulophidae	Tetrastichinae	*Baryscapus*	sp.	2	12	0	0	1	15	1.52
		Aprostocetus	sp.	1	0	0	0	0	1	0.10
		Tamarixia	sp.	0	0	0	6	0	6	0.61
	Eulophinae	*Cirrospilus*	sp.	0	0	3	10	0	13	1.31
Encyrtidae	Encyrtinae	*Ageniaspis*	*citricola*	21	63	15	3	18	120	12.17
		Metaphycus	sp.*	1	0	0	0	0	1	0.10
				25	75	18	19	19	156	15.81

*= Nuevo registro para Nayarit, México (de acuerdo a Trjapitzin *et al*., 2008)
Nota: 986 larvas recolectadas de *P. citrella* en total

Fuente: Estrada, Robles , Peña Sandoval, & Coronado Blanco (2015).

Figura 11. Registros obtenidos en los muestreos realizados durante el año 2012-2013, para la identificación de parasitoide de *Phyllocnistis citrella* en el cultivo de limón persa (Citrus x latifolia).

De acuerdo con Estrada *et al. (*2015), indico los resultados presentados del parasitismo por parte de la familia *Eulophidae*, con un 3.54 % de parasitismo total, a pesar que se obtuvo la captura de un mayor número de especies parasitoides; sólo. *Baryscapus sp*. se considera la especie más abundante con 1.52 %, lo cual contrasta con los resultados obtenidos por Naime & Nedim (2013), que obtuvieron 0.035 % para la región del Mediterráneo en Turquía. Por otra parte, *Aprostocetus sp*. presentó un porcentaje de parasitismo muy bajo (0.10 %), dicha especie es considerada algunas veces como parasitoide primario y otras como hiperparasitoide por lo cual es difícil determinar un porcentaje de parasitismo real.

E. Ciclo biológico y comportamiento de *Tetrastichus howardi Ollif* en puparios de Billaea (Paratheresia) claripalpis wulp

Tetrastichus howardi Olliff, parasitoide de pupas de algunos lepidópteros ha sido registrado en barrenador del tallo de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis*, empleado como agente de control para la plaga de este cultivo en el área de Cuba. Se ha contado con registros del parasitoide en condiciones de laboratorio, exponiendo un comportamiento de hiperparásito en puparios de *Billea claripalpis* parasitoide de larvas de *D. saccharalis* (Cruz, 2017).

La investigación tuvo como objeto el estudio del comportamiento de *T. howardi* en puparios de *B. claripalpis* y *D. saccharalis* a nivel de laboratorio y campo; además de su ciclo biológico.

Los resultados alcanzados por medio de la investigación detallan la siguiente información:

Tetrastichus no discrimina hospederos parasitados que conservan movilidad, por lo que realiza varias inserciones del ovipositor en hospederos ya parasitados, lo que implica una reducción en el porcentaje de emergencia de adultos de *T. howardi* (Cruz, 2017).

Cruz (2017), señaló el número de insectos emergidos en promedio por pupario parasitados, que correspondían a *Diatraea* y *Galleria* fue de 73.24 y 73.04 y el parasitismo en laboratorio obtuvo resultados del 75 %. *T. howardi* en condiciones de laboratorio actúa como hiperparásito en puparios de *Billea claripalpis*, viéndose forzado a parasitar otro hospedero para mantener su supervivencia.

a. Porcentaje de hiperparasitismo en campo

Se realizaron liberaciones mediante 10 pupas parasitadas con *Tetrastichus* emergidos, los cuales fueron liberados 30 días después de haber sido liberadas a 20 parejas de *Billea*, en tres hectáreas de caña. Se evaluó que existiera presencia de últimos instar larvales y pupas de *Diatraea* y prepupas y pupas de *Billea* (Cruz, 2017).

Los resultados obtenidos para esta variable indicaron lo siguiente:

Según Cruz (2017), Indica: “El porcentaje de parasitismo de *T. howardi* en puparios de *B. claripalpis*; fue de 0 % tanto para puparios de *Billea* como para pupas de *Diatraea*”.

F. ¿Multiplicar *Tetrastichus howardi (Hymenoptera: Eulophidae)* en la oruga de la seda afecta su biología?

El uso de parasitoide en el control de plagas está influenciado por la elección de un hospedero apropiado para realizar multiplicaciones masivas. La multiplicación de parasitoides es esencial para la ejecución de programas de control biológico. La falta de dietas artificiales, hace necesario el uso de hospederos alternativos de bajos costos de producción y que permitan alcanzar la eficiencia de control habitual manejada sobre el hospedero natural (Piñeyro *et al*. 2014).

La investigación tuvo como propósito realizar la multiplicación de *Tetrastichus howardi* en pupas del hospedero alternativo *Bombyx mori* (Lepidoptera: *Bombycidae)*, durante tres generaciones; comprobando de esta manera si se ve afectado su desempeño reproductivo, cuando se cría posteriormente en pupas del hospedero natural *Diatraea saccharalis*. La razón por la cual este hospedero alternativo fue empleado para la evaluación tiene como razón la fácil obtención del insecto, el gran número de individuos emergidos, adicional del

bajo costo de producción que conlleva la producción de este individuo a mayor escala (Piñeyro *et al.* 2014).

Resultados de la investigación señalaron la siguiente información:

Según Piñeyro *et al.* (2014), indican que la multiplicación sucesiva del parasitoide *Tetrastichus howardi* en el hospedero *B. mori*, al igual que su multiplicación en el hospedero natural *D. saccharalis*, no tuvo efectos negativos sobre el parasitismo obtenido:

1. 86 ±3.61 % en pupas de D. saccharalis luego de haber sido multiplicado en 3 generaciones en pupas de *B. mori* y 92 ± 4.12 en pupas de *D. saccharalis*.
2. Con esto el alto índice de parasitismo de *T. howardi* en pupas de *D. saccharalis* indica la capacidad de adaptación en hospederos alternativos, no comprometiendo sus características biológicas.

G. Efectos del cambio climático eventualmente regional temporal/parcial

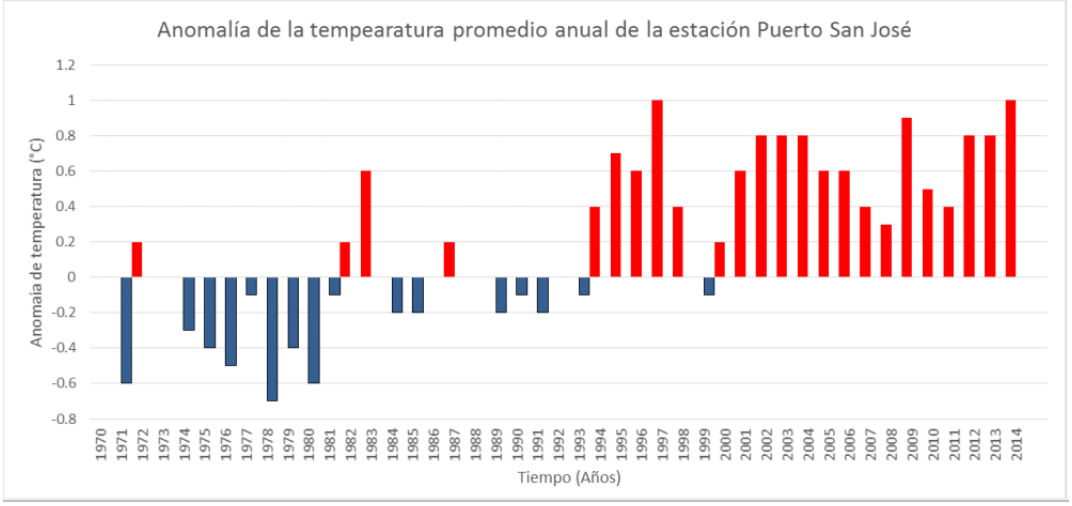
a. El efecto climático en Guatemala

Las tendencias variables climáticas en Guatemala se deben a la variabilidad propiciada por el calentamiento global de la atmosfera. Estas tendencias han marcado aumentos en la temperatura en 1.5 °C durante el periodo comprendido de 1961 al 2015. Los años en los cuales fue evidente el aumento de temperatura parten de la presencia del fenómeno del Niño, el cual modifica patrones de lluvia y temperatura condicionando a periodos de sequía. Durante los años 2012, 2014, 2015 y 2018 se evidencio retrasos en el inicio de la temporada de lluvias (García, 2019).

b. Región Costa del pacífico

Región caracterizada por presentar un promedio de precipitación pluvial entre 1,200 mm a 1,700 mm de lluvia anual, en la actualidad se ha presentado un aumento entre 215.8 mm a 286 mm en toda la región (instituto nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología, 2018).

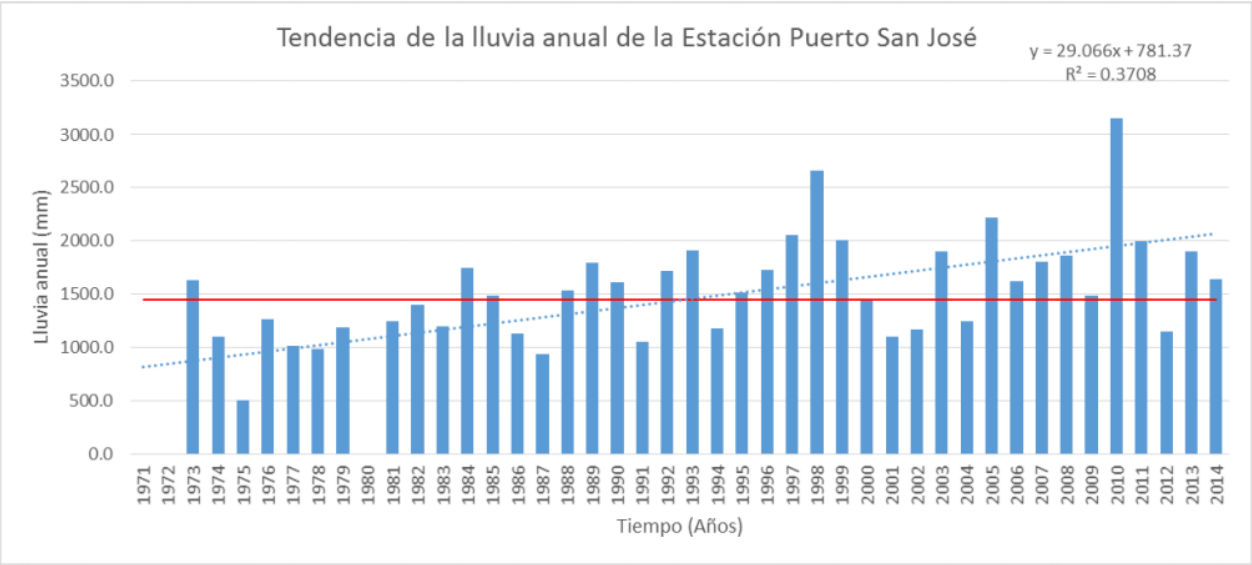
Se presenta a continuación la figura 12, con las variantes climaticas registradas a partir de la temperatura percibida desde el año 1970 hasta el 2014.



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2018.

Figura 12. Anomalía de temperatura en la estación Puerto San José Periodo 1971-2014.

En la figura 13, se detalla el comportamiento de precipitación registrada desde el año 1971 hasta el año 2014.



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2018.

Figura 13. Tendencia de la lluvia anual en la estación Puerto San José.

La tendencia demuestra que la lluvia anual incrementa de 15 mm/año a 29 mm/año, lo que condiciona a eventos de lluvia con mayor intensidad y menos número de días con lluvia. Por otra parte, la temperatura tiende aumentar de 0.02 °C a 0.03 °C por año, lo que tiene implicaciones en cuanto a una reducción en las tasas de evapotranspiración potencial, reduciendo la cantidad de agua en los suelos (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2018).

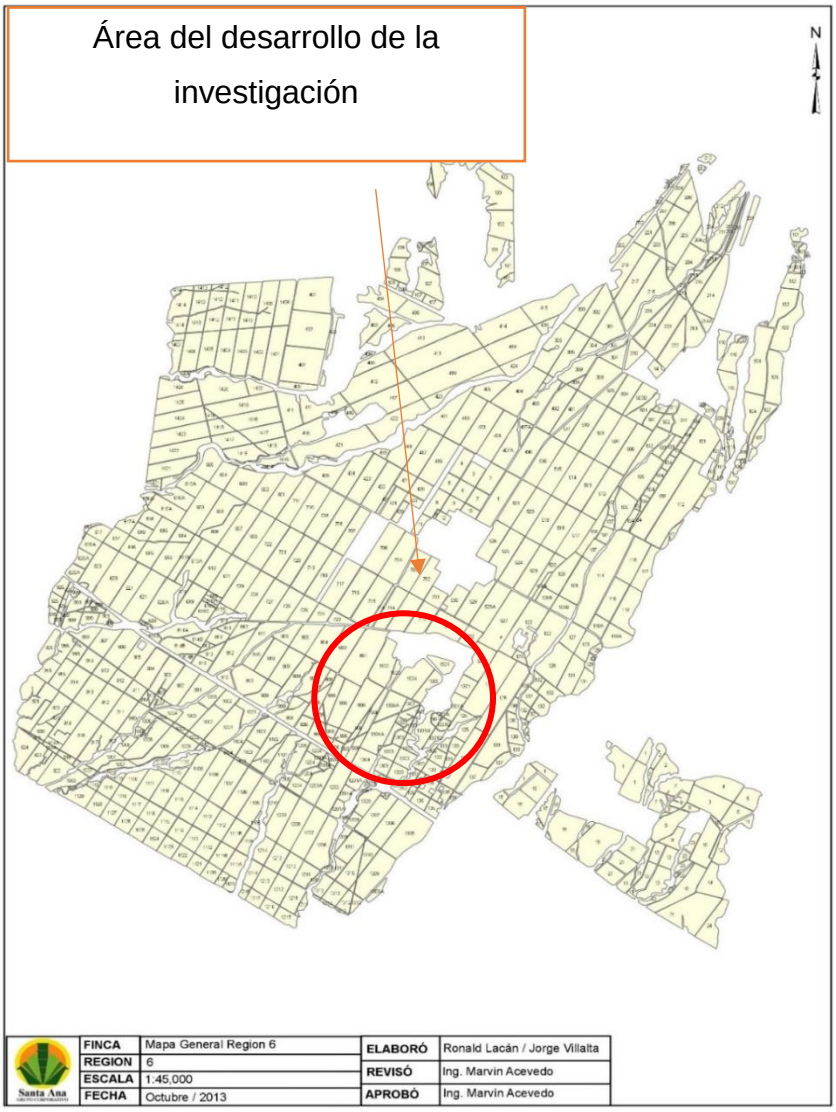
c. Dinámica de insectos frente al cambio climático

El cambio climático conduce alteraciones en mecanismos de diseminación e introducción de los insectos, afectando a su vez en patrones de distribución, influencia sobre las especies existentes, establecimiento de especies invasoras y en gran medida en la efectividad de las técnicas de control (Hellman *et al.* citado por León M, Arcila C, Pulido, & Kondo s.f.).

Según León M, Arcila C, Pulido, & Kondo s.f., afirman dentro de los factores con mayor incidencia dentro de las dinámicas poblacionales de insectos, la temperatura resulta una de las más importantes. Con efectos directos sobre la disminución en las tasas de desarrollo, supervivencia, fecundidad y dispersión de algunos insectos.

2.3.6. Región para el desarrollo del experimento

La presente diagramación, correspondiente a la figura 14 comprende el área destinada para la ejecución de la investigación, lote 132 de la finca Cerritos Kenaf, región VI, ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A.



Fuente: Departamento Técnico Agrícola, 2019.

Figura 14. Mapa general, región VI, ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A.

La diagramación generada a partir de los lotes utilizados en la evaluación de la eficiencia de control de pupas de barrenador mediante el uso del parasitoide *Aprostocetus esurus.* Cabe mencionar que la totalidad del pante 132 de Cerritos Kenaf no fue empleada, únicamente fueron tomados los lotes 4 y 5 correspondiente a la pigmentación verde señala en la diagramación.

La figura 15, identifica la representación gráfica del área donde fue ejecutada la evaluación del parasitoide *Aprostocetus esurus,* en el control de pupas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(D. crambidoides).*

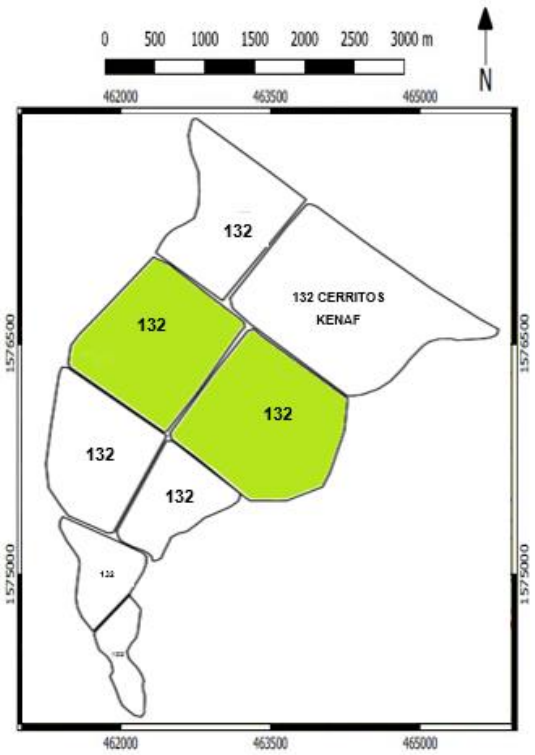


Figura 15. Pantes seleccionados para el desarrollo del experimento, lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, Ingenio Santa Ana.

2.3.7. Características del cultivo

La investigación fue realizada en el lote 132 de la finca Cerritos Kenaf, perteneciente a la región VI, del ingenio Santa Ana. Área (13.74 ha) establecida con caña de la variedad CG 02-163, a un distanciamiento de siembra de 1.5 m entre surco, con fecha de siembra 09/05/2019, cinco meses de edad para la fecha de 23/10/2019.

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo general

Evaluar el parasitoide *Aprostocetus esurus* como potencial biocontrolador del barrenador del tallo de la caña de azúcar.

2.4.2. Específicos

1. Determinar el porcentaje de parasitismo obtenido en cada uno de los respectivos tratamientos.

2. Determinar la dosificación de individuos a liberar para ejercer un parasitismo y un efecto supresor en las poblaciones de barrenador de la caña de azúcar.

2.5. HIPÓTESIS

El efecto de parasitación sobre pupas de barrenador (Diatraea crambidoides), será mayor en densidades superiores a los 20,000 parasitoides/ ha (Aprostocetus esurus), liberados en campo.

2.6. METODOLOGÍA

2.6.1. Determinar el porcentaje de parasitismo obtenido en cada uno de los respectivos tratamientos

A. Factor de estudio

El factor estudiado fue la eficiencia de control de pupas de barrenador mediante el uso del parasitoide *Aprostocetus esurus* en el cultivo de caña de azúcar, con edad de 5 meses respecto al establecimiento de semilla.

B. Tratamientos

Los tratamientos se basaron en la liberación de 0, 75, 150 y 225 parasitoides hembra por unidad experimental.

Los tratamientos fueron elaborados de esa manera puesto que en cada vaso de liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus* el porcentaje de emergencia de parasitoides hembras es del 50 % y 50 % machos.

Vasos de parasitoides dosificados convencionalmente mediante crisálidas parasitadas corresponderían a la liberación de 0, 20,000, 40,000 y 60,0000 parasitoides/ha.

La relación de parasitoide hospedero aplicado durante la investigación en caña, finca Cerritos Kenaf, lote 132, región VI, ingenio Santa Ana, Escuintla, son descritos en los cuadros 7 y 8.

El cuadro 7, el cual se muestra a continuación detalla la cantidad de parasitoides hembras empleados durante las liberaciones en campo.

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de caña, finca Cerritos Kenaf, lote 132, región VI, ingenio Santa. Escuintla, octubre 2019.

Tratamiento No.	Descripción
1	0 parasitoides
2	75 parasitoides hembra
3	150 parasitoides hembra
4	225 parasitoides hembra

Fuente: elaboración propia, 2019.

A continuación, se presenta el cuadro 8, correspondiente a la descripción de la relación de hospederos y parasitoides manejados en campo.

Cuadro 8. Descripción de las relaciones de hospedero y parasitoide, de los tratamientos evaluados en el cultivo de caña, finca Cerritos Kenaf, lote 132, región VI, ingenio Santa. Escuintla, octubre 2019.

Tratamiento No.	Relación (hospedero: parasitoide)
1	9:0
2	1:8
3	1:16
4	1:25

Fuente: elaboración propia, 2019.

a. Descripción de los tratamientos

Se procedió hacer la densidad de vasos de parasitoides hembra exclusivamente para la aplicación de estos en campo. 0 parasitoides en unidad experimentales con nueve puntos de inserción, 75 parasitoides con nueve puntos de inserción, 150 parasitoides en nueve puntos de inserción y 225 parasitoides en 9 puntos de inserción.

T1 (Testigo): 0 parasitoides por unidad experimental, 0 parasitoides liberados/ ha de caña.

Tomando en cuenta una relación 50 % de parasitoides macho y 50 % parasitoides hembra se establecen las siguientes cantidades de parasitoides que integrarían una liberación comercial en campo:

T2 (75 parasitoides): 75 parasitoides hembra por unidad experimental, 20,000 parasitoides/ha.

$$\frac{75\ \text{Parasitoides hembra}}{75\text{m}^2\text{unidad experimental}} \times \frac{10{,}000\ \text{m}^2}{1\ \text{ha}} = 10{,}000\ \text{parasitoides hembra.}$$

$$10{,}000\ \text{parasitoides hembra} + 10{,}000\ \text{parasitoides macho (50 \% adicionales)} = 20{,}000\ \text{parasitoides (Liberación comercial).}$$

T3 (150 parasitoides): 150 parasitoides hembra por unidad experimental, 40,000 parasitoides/ha.

$$\frac{150\ \text{Parasitoides hembra}}{75\text{m}^2\text{unidad experimental}} \times \frac{10{,}000\ \text{m}^2}{1\ \text{ha}} = 20{,}000\ \text{parasitoides hembra.}$$

$$20{,}000 \text{ parasitoides hembra} + 20{,}000 \text{ parasitoides macho } (50\% \text{ adicionales}) = 40{,}000 \text{ parasitoides (Liberación comercial).}$$

T4 (225 parasitoides): 225 parasitoides hembra por unidad experimental, 60,000 parasitoides/ha.

$$\frac{225 \text{ Parasitoides hembra}}{75\text{m}^2 \text{unidad experimental}} \times \frac{10{,}000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} = 30{,}000 \text{ parasitoides hembra.}$$

$$30{,}000 \text{ parasitoides hembra} + 30{,}000 \text{ parasitoides macho } (50 \text{ \% adicionales}) = 60{,}000 \text{ parasitoides (Liberación comercial).}$$

Detalles sobre los diversos factores considerados en la ejecución de tratamientos y establecimiento posterior en condiciones de campo.

b. Factores considerados en la elaboración de tratamientos

El cuadro 9, presenta los factores considerados al momento de establecer las unidades experimentales en campo.

Cuadro 9. Factores considerados para la densidad de parasitoides a emplear por unidad experimental.

Densidad larval manejada	4.800 larvas/ha.
Área unidad experimental	75 m^2
Cantidad de puntos de inserción	9
Larvas insertadas por punto	4
Total, de larvas insertadas	36
Porcentaje de mortalidad de larvas	50 %
Relación proporción macho/hembra parasitoide.	50:50

Fuente: elaboración propia, 2019.

c. Testigo absoluto

Sin aplicación de tratamiento. (Jara 1988)

En este tratamiento se hizo la inserción larval en 9 puntos, cada punto conformado por 4 larvas en diferentes tallos, en donde no se realizó liberación alguna de parasitoides.

C. Diseño experimental

Los tratamientos evaluados se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones.

$Yij = \mu + \beta j + \alpha i + \varepsilon ij$

Donde:

Yij = Variable de respuesta de la ij-ésima unidad experimental.

μ = Media general de los tratamientos.

βj = Efecto asociado al j-ésimo bloque.

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

εij = Error experimental asociado a la ij-esima unidad experimental (Jara, 1988).

D. Hipótesis estadística

a. Hipótesis nula

Ho: P1*D1=P2*D2=P3*D3

Ninguna de las dosificaciones de parasitoides *Aprostocetus esurus*, condicionarán a un efecto de parasitismo y supresión para el control de crisálidas de barrenador del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea crambidoides).*

b. Hipótesis alterna

Ha: P1*D1≠P2*D2≠P3*D3

Al menos una de las dosificaciones de parasitoides, *Aprostosetus esurus,* tendrá un mayor efecto de parasitismo y supresión para el control de crisálidas del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

i. Descripción de la nomenclatura empleada

P: Parasitación
D: Dosificación
Ho: hipótesis nula
Ha: hipótesis alterna

El cuadro 10, presenta el resumen metodológico sobre el análisis de varianza para el diseño experimental en bloques al azar, respecto a la evaluación de la eficiencia de parasitación del parasitoide *Aprostocetus esurus.*

Cuadro 10. Análisis de varianza. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

FV	GL	SC	CM	Valor F
Bloques	r-1	$\sum_{j=1}^{r} \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$		
Tratamientos	t-1	$\sum_{i=1}^{t} \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	SC_{trat}/gl_{trat}	CM_{trat}/CM_{ee}
Error experimental	(r-1)(t-1)	$SC_{total}-(SC_{trat}+SC_{bloque})$	SC_{ee}/gl_{ee}	
Total	rt-1	$\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{tr}$		
$CV(\%) = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{Y}_{..}} \times 100$				

Fuente: Jara, 1988.

Regla de decisión para el análisis de varianza.

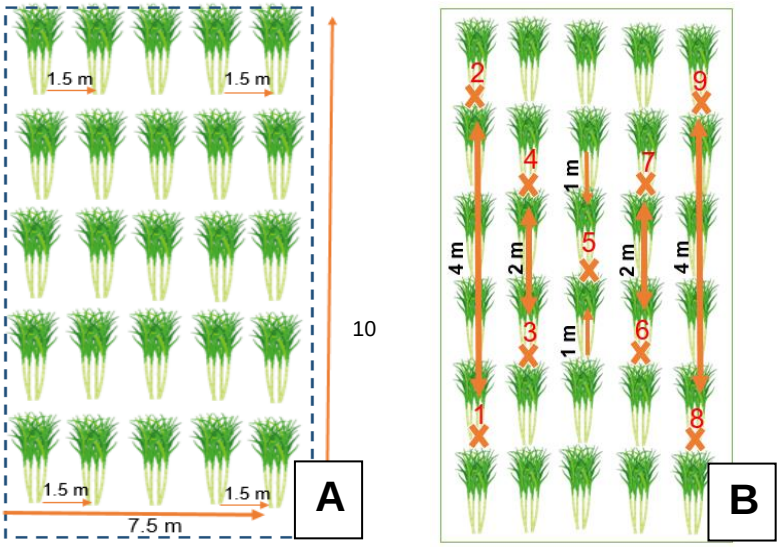
Rechazar Ho. Sí el valor de F ≥ F crítica (gl trat; gl error; α).

No Rechazar Ho. Sí el valor de F ≤ F crítica (gl trat; gl error; α) (López & Gonzales, 2018).

E. Descripción de la unidad experimental

Las unidades experimentales fueron establecidas dentro de los pantes número cuatro y cinco del lote 132 de la finca Cerritos Kenaf abarcando la totalidad de área de 0.12 ha tal y como se puede apreciar en la figura 10. Cada unidad experimental contó con 75 m^2, esto estuvo constituido por 5 surcos de caña, con distanciamiento de 1.5 m entre surco. Cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. Adicional tres surcos de borda entre cada unidad experimental fueron tomados, diagramación que es visualizada en la figura 13.

Dada la figura 16, se expone la esquematización de la toma de puntos donde se empleó la técnica de tres bolillos para realizar la inserción larval.



Fuente: elaboración propia, 2019.

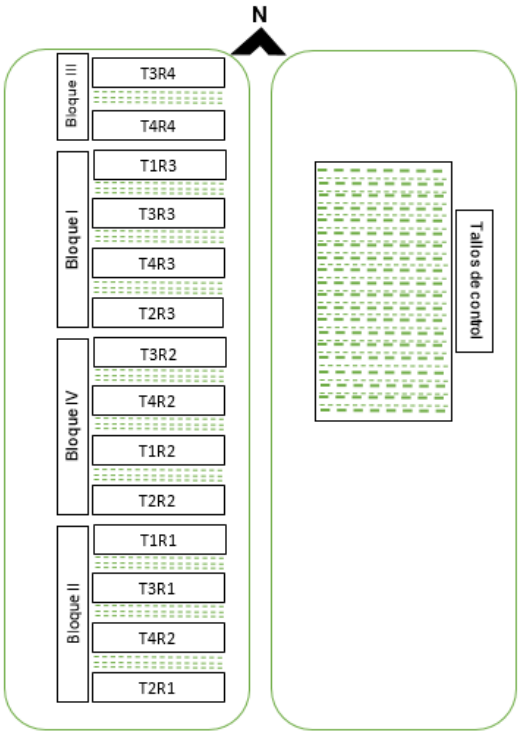
Figura 16.Distribución de la unidad experimental, cañal de 5 meses respecto a su establecimiento. A: Área manejada en las diferentes unidades experimentales. B: Distribución puntos de inserción dentro de las unidades experimentales.

El surco uno de cada unidad experimental tuvo la primera posición cuatro metros respecto al inicio del surco, la segunda posición ocho metros respecto al inicio, dejando 4 m de espaciamiento entre punto. Adicionales 2 m fueron tomados como parte de espacio respecto al resto del surco. El surco dos tuvo la primera posición cinco metros respecto al inicio del surco, la segunda posición dos metros posteriores a los cinco metros y dos metros finales empleados como espaciamiento del resto del surco. El surco tres contó con una posición seis metros respecto al inicio del surco y una posición final dos metros posteriores como parte del espaciamiento con el resto del surco. En la figura 15 se evidencia la distribución correspondiente al surco cuatro, el surco dos y el surco cinco.

Cada punto de inserción contó con 4 tallos y una larva insertada por tallo. Investigaciones previas realizadas en el departamento técnico agrícola en la validación de inserción larval en campo indicaron tras el uso de 2 individuos por tallo el alcance de 50 % de tallos barrenados exitosamente; ante esta situación se realizó la inserción de cuatro larvas por punto, con el objeto de tener al menos un tallo barrenado con una larva en su interior en las unidades experimentales.

F. Croquis de campo

La presente correspondiente a la figura 14, indica la aleatorización y ejecución de los diferentes tratamientos bajo condiciones de campo, en las diferentes unidades experimentales establecidas.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 17. Croquis de campo, distribución de tratamientos.

G. Manejo del experimento

a. Delimitación del área de trabajo

Cada unidad experimental fue delimitada mediante listones plásticos sujetos a tallos de caña que se encontraban en la parte inicial de los surcos de caña. Se identificó mediante una numeración ordinal ascendente.

b. Distribución de espacio dentro de las unidades experimentales

Dentro de cada unidad experimental se identificaron nueve puntos de inserción, cada punto de inserción contó con cuatro tallos sujetados con listones plásticos y su respectiva numeración escrita en el material.

Se empleó dicho patrón de distribución en cada una de las unidades experimentales con el objeto que el parasitoide al momento de ser liberado en campo contará con el mismo distanciamiento entre punto, garantizando parasitación al menos en una posición de los puntos de inserción manejados.

La figura 18, que a continuación se muestra detalla el estado de las unidades experimentales al momento de la ejecución de la investigación, cañaveral de 5 meses de edad.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 18. Delimitación de unidades experimentales, lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, ingenio Santa Ana. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

c. Control del ciclo de la plaga

Se introdujeron larvas con 11 días de emergencia dentro de tallos seleccionados. Se logró un control progresivo sobre el ciclo de la plaga a través del establecimiento de tallos de control. Tallos que fueron situados ajenos a las unidades experimentales dentro del área del pante número cinco del lote 132 de la finca Cerritos Kenaf.

200 tallos de control fueron establecidos con la finalidad de hacer monitoreos y disección de tallos. Diez tallos fueron cortados y separados a partir del día 25 con respecto a la emergencia de las larvas. Diariamente se realizó la misma labor, examinando 10 tallos, corroborando el ciclo de la plaga en función del tiempo transcurrido desde su inserción.

La duración del monitoreo de tallos de control fue de 14 días, culminando con la labor hasta el día 38 respecto a la emergencia de las larvas, se abarco la totalidad del ciclo biológico de la plaga.

La figura 19, que se presenta es referente a la identificación de puntos dentro de las unidades experimentales de evaluación.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 19. Identificación y codificación de puntos de inserción, en una distribución a tres bolillo. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

La figura 20, presenta la metología empelada durante la insercion larval en las unidades experimentales.

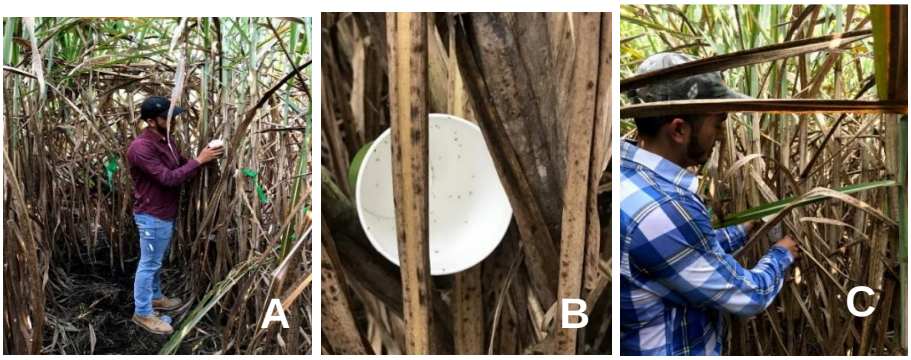
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 20. Establecimiento de tallos de control, para el monitoreo del ciclo biológico sobre el material insertado. A: Larvas insertadas. B: Identificación de tallos. C: Distribución de tallos de control. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

d. Liberación del parasitoide

El vaso de liberación dosificado a partir de los tratamientos evaluados fue colocado en la parte central de la unidad experimental, ubicado en el surco número tres respecto al inicio de la parcela, a un distanciamiento de seis metros respecto al inicio del surco.

La figura 21, presenta la metodología sobre ejecución de la liberación de parasitoides, la cual era realizada en la parte media de dos tallos, con el propósito que este tuviera sostén y permaneciera en dicho lugar sin volcarse, la tapadera del vaso fue removida dejando expuestos los parasitoides al medio.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 21. Liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus*, en cañal de 5 meses de edad, lote 132 Cerritos Kenaf, región VI, Ingenio Santa Ana. A: Liberación central respecto al área de la unidad experimental. B: Posicionamiento y ubicación del vaso de liberación. C: Parasitoides expuesto al medio. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

e. Condiciones para la ejecución de la liberación

Las liberaciones de parasitoides fueron realizadas en horas de la tarde, entre el rango de hora de las 16:00 a 16:30 h. Bajo parámetros de temperatura oscilando entre 28 °C- 33 °C y humedad relativa del 85 % al 90 %, situación que se muestra dada la figura 21.

f. Periodo de tiempo entre liberaciones

Según Tejeda, 1993, citado por Najarro, 2009 el periodo de pupa para la especie *Diatraea crambidoides* tiene una duración de 8 a 10 días. En consideración ante este factor se ejecutaron 3 liberaciones continuas, con un intervalo de tiempo de 72 h, 3 días entre cada una de estas. Iniciando con la primera liberación el día 8/11/2019, seguido por la liberación del día 11/11/2019 y culminando con la tercera y última liberación el día 14/11/2019.

g. Condiciones ambientales registradas en la liberación de parasitoides

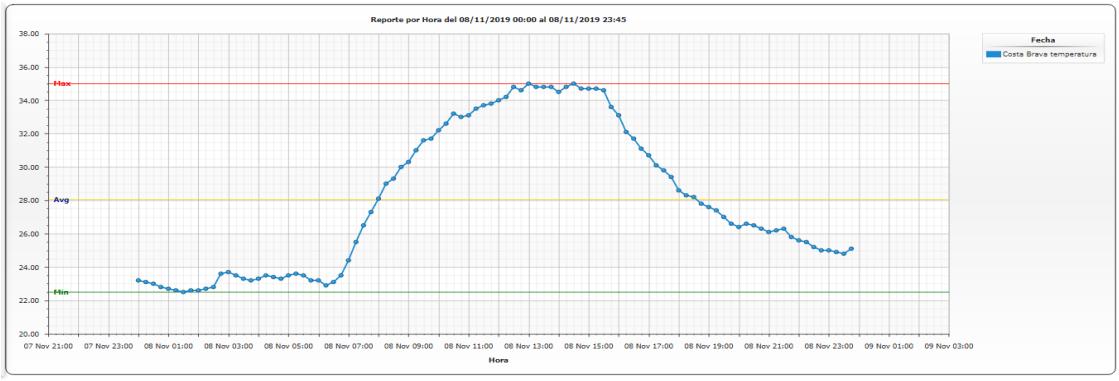
Se obtuvo un gráfico sobre las diferentes temperaturas correspondientes a los días en los cuales fueron ejecutadas las liberaciones del parasitoide *Aprostocetus esurus*.

En la figura 22, se presentan la serie de datos obtenidos a partir de información generada por Cengicaña y la estación de Costa Brava, Escuintla, Guatemala.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 22. Condiciones ambientales manejadas para la liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus*. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

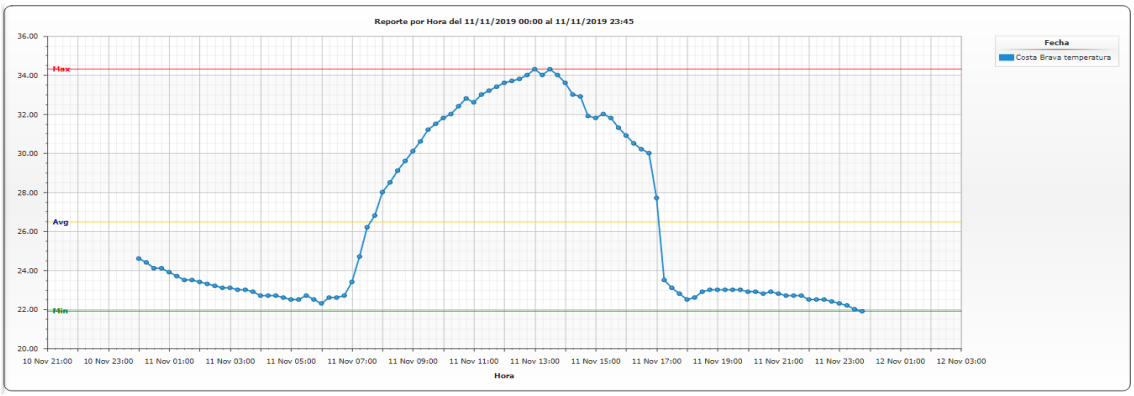
La figura 23, comprende datos meteorológicos percibidos durante el año 2019 para el periodo de la ejecución de liberaciones, con el objeto del monitoreo de múltiples variantes climáticas que pudieron ejercer efecto sobre los resultados alcanzados en campo sobre la eficiencia de parasitación del parasitoide *Aprostocetus esurus.*



Fuente: Cengicaña, 2020.

Figura 23. Estación Costa Brava, Cengicaña, temperatura registrada en el día 8 de noviembre del 2019, departamento de Escuintla, Guatemala, C.A.

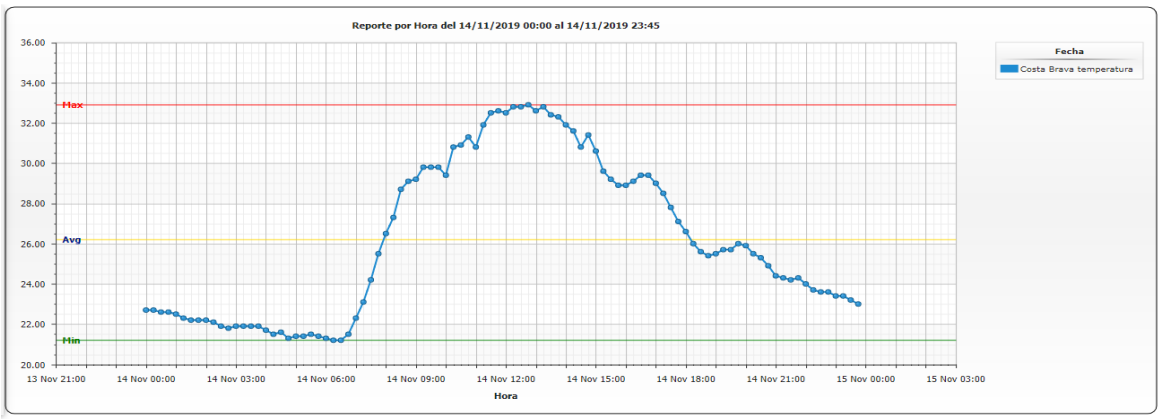
La figura 24, especifica las condiciones ambientales captadas respecto al segundo día de liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus.*



Fuente:Cengicaña, 2020.

Figura 24. Estación Costa Brava, Cengicaña, temperatura registrada en el día 11 de noviembre del 2019, departamento de Escuintla, Guatemala, C.A.

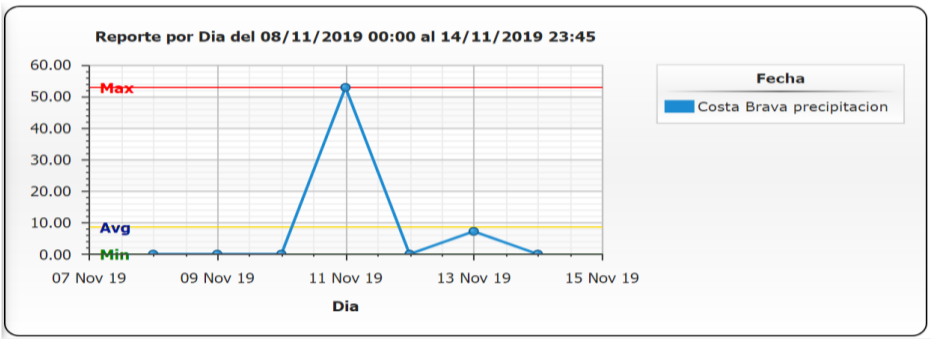
La figura 25, especifica las condiciones ambientales captadas respecto al tercer día de liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus.*



Fuente:Cengicaña, 2020.

Figura 25. Estación Costa Brava, Cengicaña, temperatura registrada en el día 14 de noviembre del 2019, departamento de Escuintla, Guatemala, C.A.

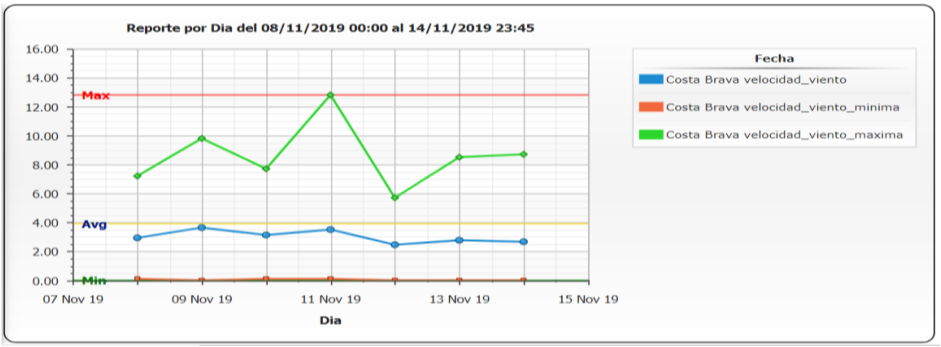
La figura 26, que se presenta a continuación identifica los días con registro de precipitación captados durante el mes de noviembre del año 2019.



Fuente:Cengicaña, 2020.

Figura 26. Estación Costra Brava, Cengicaña, información sobre los días con registro de precipitación en la Costa Sur, departamento de Escuintla, Guatemala, C.A.

La figura 27, que se presenta a continuación identifica el registro de la velocidad de viento captada durante los días de liberación respecto al mes de noviembre del año 2019.



Fuente:Cengicaña, 2020.

Figura 27. Estación Costa Brava, Cengicaña, información generada a partir de la velocidad del viento registrada en la Costa Sur, departamento de Escuintla, Guatemala, C.A.

Según los datos registrados por la estación agrometeorológica de Costa Brava, el día 8 de noviembre del 2019, correspondiente al día y hora en el cual se ejecutó la primera liberación de parasitoides presentó condiciones de temperatura oscilante de 32.1 °C y 37.1 °C para el periodo de las 16:00 horas. Así mismo se registró una velocidad del viento de 2.4 km/h. No hubo precipitación (Cengicaña, 2020).

El día 11 de noviembre se registró una temperatura oscilante de 30.5 °C y 30.2° C, para el periodo de las 16:00 a 16:15 h, en el cual fue realizada la liberación de parasitoides en campo. 52 mm de precipitación fueron identificados en dicha área con una velocidad del viento de 6.3 km/h a 7.1 km/h. (Cengicaña, 2020).

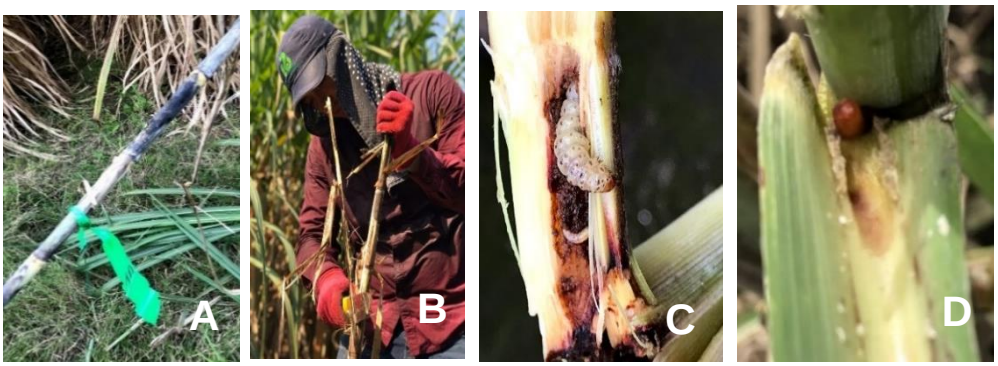
La tercera liberación de parasitoides realizada el día 14 de noviembre del 2019, presentó una temperatura de 29.4 °C y 29.1° C, no hubo presencia de precipitación en la zona. Se registró una velocidad del viento de 2.7 km/h (Cengicaña, 2020).

H. Toma de datos

a. Etapa I

Los monitoreos iniciaron 14 días posterior a la inserción de larvas en los tallos seleccionados. Se procedió a la revisión e identificación de tallos barrenados, donde se observaba dos pequeños agujeros; de estar barrenado el tallo se procedió a cortar el segmento barrenado y se realizaba un corte longitudinal a través del tallo identificando el área de la galería realizada por la larva. Dada la figura 27 se evidencia la metodología de disección y manipulación de material con el objetivo de evaluar material vivo dentro de las galerías. Este era tomado y transportado en cajas de policarbonato individualizado hacia el laboratorio de parasitoides, con el propósito del reconocimiento de la edad del material.

En la figura 28 se identifica el proceso de disección de tallos, manipulación y recolección de material procedente de campo. Monitoreos periódicos que fueron realizados en conjunto para la concepción de resultados.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 28. Monitores de unidades de control, posterior a los 16 días de realizada la inserción larval. A: Codificación de tallos de control. B: Corte y disección de tallos de control. C: Tallo barrenado, larva viva presente. D: Tallo barrenado, pupa presente en tallos de control. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

b. Etapa II

Ejecutadas las tres liberaciones de parasitoides en las diferentes unidades experimentales se procedió a realizar el corte de la totalidad de puntos de inserción de cada parcela. Cada unidad experimental fue colectada y empaquetada mediante costales de nylon debidamente amarrados.

La totalidad de material fue revisado en las instalaciones externas del laboratorio de producción y mejoramiento de plantas del departamento técnico agrícola. En donde cada tallo procedente de campo, identificado bajo una numeración era disectado y observado, para poder identificar la totalidad de larvas y/o pupas presentes.

Para la recolección de información se elaboraron fichas de control, figura 41. Bajo el formato realizado, cada tallo examinado era identificado y anotado según la descripción del material con la que este contará. Todo el material vivo (larva y/o pupas) procedente de los puntos de inserción era identificado e individualizado bajo el código perteneciente al tallo, colocándolo dentro de cajas de policarbonato con alimento (caña) y transportado hacia el laboratorio de control de calidad del departamento técnico agrícola, en condiciones controladas con temperatura de 26 °C y humedad relativa del 70 %.

I. Variables de respuesta

a. Eficiencia de parasitación

Se determinó el porcentaje de material parasitado (crisálidas) respecto a la totalidad de material colectado de campo (total de crisálidas). Para determinar la eficiencia de parasitación se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de parasitación} = \frac{\text{Adultos emergidos}}{\text{Total de pupas}} \text{x}100$$

b. Porcentaje de parasitismos alcanzado en los diferentes tratamientos

Del material colectado de campo, fue individualizado e identificado según el tratamiento aplicado. Se determinó el porcentaje de parasitación a partir de crisálidas parasitadas entre la totalidad de material presente dentro de dicha unidad.

$$\text{Porcentaje de parasitismo} = \frac{\text{Pupas parasitadas}}{\text{Total de pupas}} \text{x}100$$

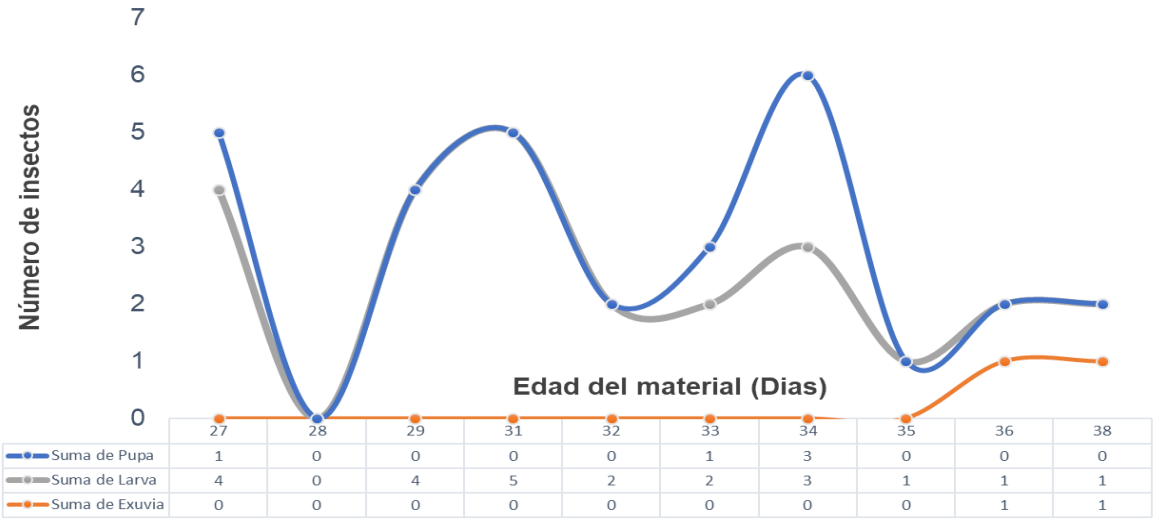
J. Medidas de control consideradas

a. Hospederos disponibles para parasitación en campo

Simultáneamente al establecimiento de las unidades experimentales, se introdujo en tallos de control larvas con 11 días de emergencia para el monitoreo de su ciclo biológico, dadas las condiciones ambientales del área. Ante esto se identificó a partir del día 27 (16 días luego de realizada la inserción larval), pupas para parasitación, presentes en los tallos de control. Esto fue realizado con el propósito de identificar el momento oportuno para la liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus*.

Se identificó que para el día 36 y 38 (respecto a la emergencia de las larvas), existió exuvias de larvas vacías, dentro de las galerías de los tallos de control, concretando que la plaga había completado su ciclo biológico, figura 38.

La presente correspondiente a la figura 29, identifica el parasitoide *Aprostocetus esurus*, cuya primera liberación fue el día 8/11/2019 estuvo expuesto ante pupas (material a partir de las larvas insertadas), por un periodo de 8 días, previo a la finalización del ciclo biológico del barrenador, en el día 36 y fecha 16/11/2019.



	27	28	29	31	32	33	34	35	36	38
Suma de Pupa	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0
Suma de Larva	4	0	4	5	2	2	3	1	1	1
Suma de Exuvia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 29. Monitoreos sobre tallos de control, evaluación en función larvas de barrenador *(D. crambidoides),* edad del material insertado, lote 132 finca Cerritos Kenaf, ingenio Santa Ana, Escuintla.

b. Edad del material a parasitar

Aprostocetus esurus parasitoide de pupas de barrenador del tallo de la caña de azúcar, no presenta preferencia sobre la edad del material a parasitar. Basado en investigaciones previas realizadas a nivel de laboratorio, se identificó que el Hymenoptero posee la capacidad de parasitar pupas con 1 hasta 10 días de madurez, evidenciando progenie en todas las edades evaluadas (departamento técnico agricola, 2019).

Por tanto, las liberaciones realizadas desde los 27 días hasta 33 días respecto a la emergencia de las larvas, conllevaron a un rango de edad propicio para causar un efecto de parasitación sobre el hospedero insertado en campo.

c. Vasos de control de calidad

Con el propósito de observar el manejo que había sido utilizado en la preparación de los tratamientos, un vaso de liberación correspondiente al tratamiento 2,3 y 4, era dejado en observación por un periodo de 72 h. Con esto se observaba la locomoción de los parasitoides, el tiempo de vida y a su vez se realizaba el conteo de insectos que había sido introducido en cada tratamiento.

Los cuadros 11, 12 y 13 detallan el registro obtenido sobre las 3 liberaciones de parasitoides *Aprostocetus esurus* ejecutadas en el área de las unidades experimentales pertenecientes al lote 132 de la finca Cerritos Kenaf:

Cuadro 11. Primer control de calidad sobre liberación de densidades de parasitoides *Aprostocetus esurus* para el control de pupas de barrenador de la caña de azúcar *(D. crambidoides)*, lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, ingenio Santa Ana. Guatemala, departamento de Escuintla, noviembre 2019.

Fecha de liberación	Tratamiento	Densidad requerida	Parasitoides liberados	Hembras	Machos	Relación H/M
8/11/2019	1	0	0	0	0	0:0
	2	75	85	74	11	6.72:1
	3	150	166	154	12	12.83:1
	5	225	237	211	26	8.11:1

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 12. Segundo control de calidad sobre liberación de densidades de parasitoides *Aprostocetus esurus* para el control de pupas de barrenador de la caña de azúcar *(D. crambidoides),* lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, ingenio Santa Ana. Guatemala, departamento de Escuintla, noviembre 2019.

Fecha de liberación	Tratamiento	Densidad requerida	Parasitoides liberados	Hembras	Machos	Relación H/M
11/11/2019	1	0	0	0	0	0:0
	2	75	79	77	2	38.5:1
	3	150	172	163	9	18.11:1
	5	225	243	231	12	19.25:1

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 13. Tercer control de calidad sobre liberación de densidades de parasitoides *Aprostocetus esurus* para el control de pupas de barrenador de la caña de azúcar *(D. crambidoides),* lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, ingenio Santa Ana. Guatemala, departamento de Escuintla, noviembre 2019.

Fecha de liberación	Tratamiento	Densidad requerida	Parasitoides liberados	Hembras	Machos	Relación H/M
11/11/2019	1	0	0	0	0	0:0
	2	75	110	88	22	4:1
	3	150	159	148	11	13.45:1
	5	225	227	213	14	15.21:1

Fuente: elaboración propia, 2019.

Se debe que cada uno de los tratamientos que fue manejado durante los tres días de liberación correspondientes al: 8/11/2019, 11/11/2019 y 14/11/2019, en su mayoría trataban de hembras adultas de *A. esurus* con tres días de emergencia y que habían sido copuladas en condiciones de laboratorio. La fase de campo tenía como propósito liberar únicamente hembras adultas, listas para realizar una parasitación sobre pupas de barrenador *(D. crambidoides)*.

La figura 27, presenta una serie de fotografías evidencian la forma y envasado de los parasitoides liberados en campo para el control de la plaga del barrenador del tallo de la caña de azúcar.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 30. Unidades de control de calidad, vasos diferentes densidades de parasitoides *Aprostocetus esurus*. Laboratorio de Control de Calidad. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

d. Longevidad del parasitoide

Investigaciones previas han señalado que el tiempo de vida promedio del parasitoide *Aprostocetus esurus*, resulta en un total de 216 h o 9 días. Así mismo se cuenta con información acerca de la longevidad del parasitoide y su exposición a una fuente alimenticia. Dieta que fue realizada mediante una solución de miel al 10 %, dando como resultado nulo efecto sobre la promoción del tiempo de vida del insecto. departamento técnico Agricola (2019).

Dicho esto, los parasitoides liberados en campo, dentro de las unidades experimentales pertenecientes al lote 132 de la finca Cerritos Kenaf sin la exposición a una fuente alimenticia, contaron con 192 horas o 8 días respecto a la primera liberación para ejecutar el proceso de parasitación sobre el hospedero *(D. crambidoides).*

2.6.2. Determinar la dosificación de individuos a liberar para ejercer un parasitismo y un efecto supresor en las poblaciones de barrenador de la caña de azúcar

A. Densidad optima de individuos a liberar

El tratamiento que proporcionó el mayor porcentaje de crisálidas parasitadas en campo, determinó el número óptimo de parasitoides a liberar.

B. Toma de datos

Los resultados obtenidos al realizar la disección de las muestras permitieron realizar la conclusión sobre el número apto de parasitoides a liberar.

C. Análisis de la información

No existió diferencia significativa entre tratamientos al ser todos 0 en las diferentes unidades experimentales y en lo que respecta a la eficiencia de control del parasitoide en condiciones de campo. De manera que no se procedió a estimar cuál de los tratamientos era económicamente más viable para realizar su aplicación en campo a mayor escala de forma comercial.

A. Variable densidad optima de parasitoides a liberar

Tras identificar 0 % de parasitación alcanzado por al agente biorregulador *Aprostocetus esurus*, en condiciones de campo para el cultivo de caña, se establece que ninguno de los tratamientos evaluados de 0, 75, 150 y 225 parasitoides por unidad experimental son propicios para futuras liberaciones comerciales del hymenoptero.

Los tratamientos evaluados corresponden a la liberación de 0, 20,000, 40,0000 y 60,000 parasitoides/ha bajo los parámetros de una liberación comercial. Anteriormente el departamento técnico agrícola, del ingenio Santa Ana, realizaba la liberación de este agente de control basado en la liberación de 3,000 parasitoide/ha, conllevando a similares resultados en cuanto al porcentaje de parasitación alcanzado actualmente bajo condiciones de campo.

2.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras ejecutar la fase de campo durante un periodo de dos meses comprendidos de octubre a noviembre del año 2019, se alcanzaron los resultados sobre las variables propuestas durante la investigación. Información que fue tabulada en una base de datos y discutida posteriormente mediante literatura consultada, investigaciones previas y experiencias por parte del personal del Departamento técnico agrícola del ingenio Santa Ana.

2.7.1. Determinar el porcentaje de parasitismo obtenido en cada uno de los respectivos tratamientos.

A. Variable eficiencia de parasitación en campo

El cuadro 14, presenta resultados con los cuales se identifica el porcentaje de alcance de control del parasitoide de pupas de barrenador *Aprostocetus esurus*, en condiciones de campo.

Cuadro 14. Variable eficiencia de parasitación bajo condiciones de campo, cultivo de caña, lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, ingenio Santa Ana. Escuintla, noviembre 2019

Tratamiento No.	Descripción	Crisálidas de campo	Eficiencia de parasitación (%)
1	Testigo	8	0
2	75 parasitoides	1	0
3	150 parasitoides	2	0
4	225 parasitoides	3	0

Se identificó dentro de la evaluación realizada, que el parasitoide *Aprostocetus esurus* cuenta con 0 % de parasitación en pupas de barrenador del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea crambidoides*), en condiciones de campo.

A través del material de campo colectado de las diferentes unidades experimentales, se identificó que la totalidad de pupas no fueron parasitadas. Posteriormente se evaluó la calidad de los adultos emergidos corroborando el nulo efecto de parasitación.

La figura 31, detalla el material colectado de campo, a partir de las inserciones larvales realizadas en la evaluación del parasitoide *Aprostocetus esurus.*

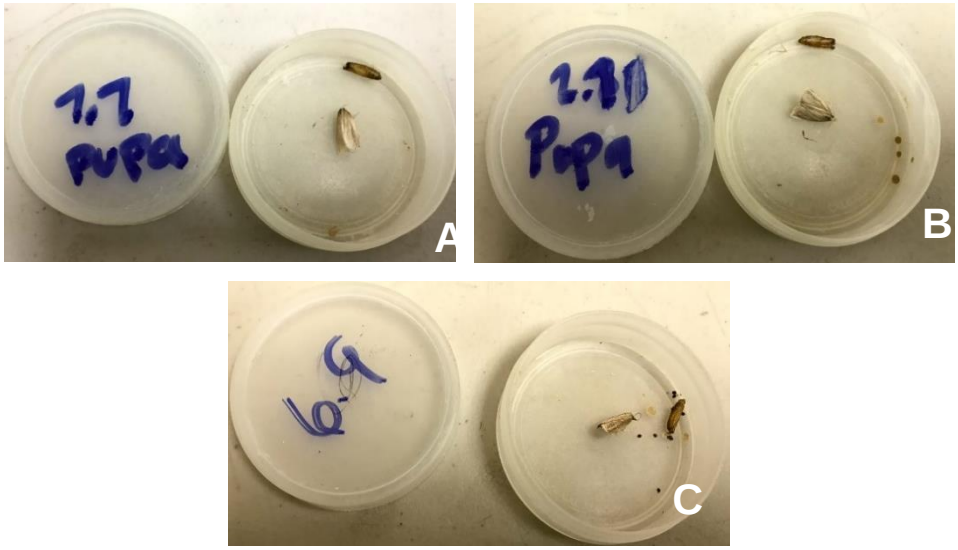


Figura 31. Resultados de campo, material de inserción en diferentes unidades experimentales. A: Unidad experimental 1, tratamiento 2 (75 parasitoides), adulto emergido. B: Unidad experimental 2, tratamiento 4 (225 parasitoides), adulto emergido. C: Unidad experimental 6, tratamiento 1 (0 parasitoides), adulto emergido. Laboratorio de control de calidad. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

B. Variable parasitismo en los tratamientos evaluados

A continuación, se presenta el cuadro 14, el cual detalla los resultados obtenidos bajo condiciones de campo sobre la eficiencia de parasitación mediante el uso del parasitoide *Aprostocetus esurus.*

Cuadro 15. Variable porcentaje de parasitación sobre los tratamientos evaluados, en cultivo de caña, lote 132 finca Cerritos Kenaf, región VI, ingenio Santa Ana. Escuintla, noviembre 2019.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	Media
T1	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0

Donde:
T= tratamiento, R= repetición.

Los tratamientos evaluados basados en la liberación de hembras adultas del parasitoide *Aprostocetus esurus,* para el control de pupas de barrenador en el cultivo de caña de azúcar, bajo condiciones de campo presentó nulo efecto de parasitación. Cuatro repeticiones establecidas por tratamiento, las cuales conllevaron en su totalidad a 0 % de parasitación en los tratamientos de 0, 75, 150 y 225 parasitoides liberados, en las diferentes unidades experimentales.

2.7.2. Determinar la dosificación de individuos a liberar para ejercer un parasitismo y un efecto supresor en las poblaciones de barrenador de la caña de azúcar

A partir de los resultados percibidos a nivel de campo y que posteriormente fueron procesados en condiciones de laboratorio conllevaron a la totalidad del 0 % de eficiencia de parasitación por parte del agente regulador *Aprostocetus esurus* para el control de pupas de barrenador de la caña de azúcar; por tanto, ninguna de las dosificaciones propuestas permitirá el control de plaga tras ser liberado el parasitoide en campo. No es propicio hacer la liberación de 20,000, 40,000 o 60,000 parasitoides/ha.

2.8. Discusión de resultados

La especie de parasitoide *Aprostocetus westwood* (Hymenoptera: Euphilidae) regulador de pupas fue identificado en el año 1998 inicialmente en el cultivo de arroz y posteriormente en la caña de azúcar; en el año de 1999 fue reclasificado por el Centre Agricultural Bioscience International (CABI), como *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Euliphidae) (Álvarez, citado por Cruz 2017).

Los biorreguladores del género *Aprostocetus* como *Tetrastichus* indican similitudes en cuanto a su comportamiento, ciclo biológico y hospederos alternos usados para su producción masiva.

Con esto se enmarca algunas de las evaluaciones registradas para organismos reguladores pertenecientes a la familia *Eulophidae*. Al igual que el parasitoide *Tetrastichus howardi*, el parasitoide de pupas *Aprostocetus esurus* en condiciones rigurosas de laboratorio presenta porcentajes de parasitismos de hasta 80 %, según (Melendéz, 2015); donde tuvo la capacidad de emplear hospederos alternos como *Galleria mellonela, Diatraea crambidoides*

y *Diatraea saccharalis*, presentando eficiencia de parasitación en la totalidad del material evaluado.

T. howardi, parasitoide de pupas y prepupas cuenta con la capacidad de parasitar individuos de *Billea claripalpis* y *D. saccharallis* con efectos de parasitismo del 75 % en condiciones controladas; donde a su vez se demostró que este hiperparasitoide presentaba 0 % de parasitismo en condiciones de campo y actuaba como hiperparsitoide en laboratorio. Validación que fue realizada en cultivo de la caña de azúcar (Estrada, Robles , Peña Sandoval, & Coronado- Blanco, 2015).

Investigaciones adicionales ejecutadas en el cultivo de limón persa *(Citrus x latifolia),* han señalado la identificación de parasitismo a nivel de campo al género *Aprostocetus*, bajo una eficiencia de parasitación inferior al 1 %, en minador de la hoja *Phyllocnistis citrella*, donde monitoreos fueron realizados por dos años consecutivos (2012-2013) evidenciando la presencia de apenas 1 individuo (Estrada, Robles , Peña Sandoval, & Coronado- Blanco, 2015).

Comunicación personal mediante el jefe del Departamento Técnico Agrícola del Ingenio Santa Ana, indican para la producción masiva del parasitoide *Aprostocetus esurus* el uso de pupas de barrenador de la caña de azúcar de la especie *(Diatraea crambidoides);* antiguamente el hospedero empleado en la multiplicación del parasitoide era la especie de *Diatraea saccharalis*. Debido a la disponibilidad del material y la progresiva expansión de la especie *D. crambidoides* en la región cañera de la costa sur, se ha optado por el uso de este nuevo hospedero.

El uso de hospederos alternativos implica una serie de factores a considerar sobre la eficiencia de control, comportamiento, ciclo biológico y reproducción de un parasitoide. Ante esta situación se han realizado evaluaciones en géneros pertenecientes a la familia Eulophidae, familia a la cual es perteneciente el parasitoide de *Aprostocetus esurus* y *Tetrastichus howardi*.

El parasitoide *Tetrastichus howardi* y su efecto de parasitación a través de la producción masiva durante 3 generaciones consecutivas en *B. moris* usado como hospedero alterno y su producción natural sobre *D. saccharalis*, demostró parasitismo del 86 % y 92 %. (Piñeyro *et al.* 2014) Con esto se presume que el parasitoide *Aprostocetus esurus* al igual que el parasitoide *Tetrastichus howardi*, tiene capacidad adaptativa de hospederos alternos.

De acuerdo Cancino (2007), a través de la evaluación: Eficiencia de producción y el efecto del superparasitismo del parasitoide *Aprostocetus esurus* sobre crisálidas del barrenador *Diatraea spp.*, bajo condiciones controladas, reporto eficiencias en laboratorio mayores al 90 %, empleando como hospedero a la especie *Diatraea sacharralis*, con porcentajes de mortalidad menores al 1 % y una relación sexual influenciada por superparasitismo; estableciendo que este factor en medida del aumento del parasitoide sobre el hospedero condicionaba a la emergencia de una mayor cantidad de machos siendo esta una proporción de hasta 1:1.

Actualmente en el uso como hospedero la especie *Diatraea crambidoides*, la unidad de producción de control de calidad y proyectos de investigación reportó para el 2019, eficiencias de laboratorio hasta del 95 % con valores porcentuales de machos y hembras del 15.70 % y 84.25 % respectivamente; adicional a porcentajes de mortalidad bajos. Registros por medio de pruebas exploratorias han identificado longevidades de *A. esurus* con hasta 216 h (9 días) de vida, bajo una simulación de condiciones de campo (departamento técnico agrícola, 2019).

Las variaciones climáticas en la región costa del pacifico han evidenciado aumentos de temperatura de 0.02 °C hasta 0.03 °C en los últimos años; así mismo la intensidad de precipitación en toda la región ha aumentado hasta un máximo de 29 mm/año. (INSIVUMEH, 2018). Estas irregularidades condicionan a días con menor número de lluvias, provocando a su vez periodos más prolongados de sequía.

Dichas tendencias tienen efectos en las dinámicas de los insectos, afectando en gran medida patrones de distribución, establecimiento de especies y efectividad de las técnicas

de control. (Hellman *et al*., citado por León M, Arcila C, Pulido, & Kondo .s.f.), la liberación del biocontrolador *Aprostocetus esurus* por el departamento técnico agrícola del ingenio Santa Ana, ha tenido inicios alrededor de años 5 previos al 2019, durante periodos de producción comprendidos de febrero a septiembre, con lo que se abarca las dos épocas predominantes en el territorio guatemalteco, siendo estas de verano e invierno.

Programas de manejo integrado de plagas que son laborados por el grupo de trabajo del departamento técnico agrícola llevan a cabo la labor del refrescamiento y vigorización de parasitoides mediante material de vida libre que se ha propiciado a partir de liberaciones previas. De esto se abstiene para el manejo del parasitoide *Aprostocetus esurus,* al no presenciarse en campo material parasitado por el biocontrolador ante los periodos de liberación en los que ha sido implementado.

En resumen, el parasitoide *Aprostocetus esurus* a nivel de laboratorio alcanza una alta eficiencia de parasitismo, realizando un control para mantener su supervivencia. El insecto cuenta con la capacidad adaptativa a su hospedero, siendo esto en la especie de barrenador *Diatraea saccharalis o* bien la especie *Diatraea crambidoides.* Mortalidades inferiores al 1 % y relación macho: hembras variantes, influenciadas bajo el efecto del superparasitismo.

A partir de la evaluación del parasitoide *Aprostocetus esurus* como biocontrolador de pupas de barrenador *(Diatraea crambidoides),* se identificó a nivel de campo el alcance del parasitoide con eficiencia de 0 % de parasitismo. Esto en la totalidad de los tratamientos manejados, los cuales estuvieron integrados por densidades de parasitoides de: 0, 20,000, 40,000 y 60,000 parasitoides/ha. Se aseguró que existiera material de parasitación pupas; a lo cual se presentó dentro del tratamiento uno, nulo efecto de parasitismo por parte del controlador biológico *Aprostocetus esurus*. El tratamiento número dos que estaba integrado por la liberación de 75 parasitoides por unidad experimental presento 0 % de eficiencia en la parasitación; tratamiento tres, 150 parasitoides liberados con 0 % de parasitación; y tratamiento cuatro con la liberación de 225 parasitoides conllevo a un 0% de parasitación en las unidades experimentales evaluadas.

La falta de parasitación de *A. esurus* sobre pupas de *D. crambidoides* en condiciones de campo, se presume que está dada a partir de múltiples variantes entre las cuales destacan: la falta de localización y búsqueda del hospedero, carencia en cuanto feromona de onda corta (Kairmonas) que estimulen la acción de control del parasitoide, una posible dificultad en cuanto a la adaptación al medio y las constantes variantes climáticas de la región.

Por lo tanto, en la relación del parasitoide huésped-hospedero pueden influir una serie de factores genéticos de comportamiento, comunicación o de manejo que deben tomarse en cuenta en futuras investigaciones. Tanto en el laboratorio de cría del parasitoide como en la aplicación del manejo integrado del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea spp).*

2.9. CONCLUSIONES

1. El parasitoide *Aprostocetus esurus* para el control de pupas de barrenador del tallo en el cultivo de caña de azúcar, presentó 0 % de parasitación, bajo condiciones de campo, a una temperatura de 33 °C y humedad relativa mayor al 89 %.

2. Todos los tratamientos y repeticiones evaluadas, correspondientes a la liberación de 0, 75, 150 y 225 parasitoides hembra, por unidad experimental, presentarón un efecto de 0 % de parasitación en campo, para el cultivo de la caña de azúcar *(Sacharrum officinarum),* a una edad de 5 meses respecto al establecimiento de semilla.

3. No fue propicio la liberación de 20,000, 40,000 y 60,000 parasitoides por hectárea, cantidades basadas en la utilización de 75, 150 y 225 parasitoides hembra por unidad experimental; puesto que todos los tratamientos tuvieron nulo efecto de control en pupas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

4. El nulo efecto posiblemente se debe a varios factores genéticos, de comportamiento y de manejo del parasitoide-huésped (hospedero).

2.10. RECOMENDACIONES

1. Planificar y realizar nuevas investigaciones sobre el uso del Hymenoptero *Aprostocetus esurus* como parasitoide de pupas de lepidópteros en otros cultivos.

2. Realizar nuevas investigaciones en cuanto al radio de acción del parasitoide *Aprostocetus esurus* en condiciones de campo.

2.11. BIBLIOGRAFÍA

1. Ali Mahmoud, A. M. (2011). *El parasitismo de Cotesia flavipes induce inmunosupresión e incrementa la susceptibilidad de Diatraea saccharalis a Bacillus thuriengiensis.* Obtenido de (Tesis PhD., Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada: Altamira, Tamaulipas, México):https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/11870/1/Dr.%20Ali%20PhD%20thesi s%20spanish.pdf

2. Álvarez González, J. F., Naranjo M. de Oca, F., & Grillo Ravelo, H. (2003). *Estudios bioecologicos de Tetrastichus howardi Olliff (Hymenoptera:Euphilidae), párasito pupal de D. saccharalis (Lepidoptera: Crambidaea) en Cuba.* Obtenido de Centro Agrícola, 30(2), 37-41: http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V30-Numero_2/cag092031290.pdf

3. Arroyo, L. (2013). *Informe programa manejo integrado de plagas, zafra 2012-2013.* Escuintla, Guatemala: grupo corporativo Santa Ana.

4. Badilla, F. (1994). *Especies y evaluaciones en campo y fabrica ocasionados por Diatraea sp. en Costa Rica en el primer Simposio de manejo integrado de plagas de la caña en Costa Rica.* San José, Costa Rica: Bioasesoría Internacional.

5. Badilla, F. (2006). *Alternativas novedosas para el control del barrenador Diatraea spp en Guatemala.* Obtenido de Escuintla, Guatemala: Bioasesoría Internacional: https://www.atagua.org/web2/wp-content/uploads/2015/09/B-Estrategias- novedosas-para-el-control-del-barrenador.pdf

6. Box, H. E. (1953). *List of sugar-cane insects.* Londres, England: Commonwealth Institute of Entomology.

7. Cancino, Marco. (2007). *Evaluación de la eficiencia de producción y el efecto del superparasitismo del parasitoide Aprostocetus esurus sobre crisálidas del barrenador (Diatraea spp.), bajo condiciones controladas.* Escuintla, Guatemala: compañia agrícola Industrial, Santa Ana, departamento técnico agrícola. Recuperado el 4 de mayo de 2020

8. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala (CENGICAÑA). (2000). *Manejo integrado de barrenadores en caña de azúcar.* Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Guatemala: CENGICAÑA.

9. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala (CENGICAÑA). (2008). *Ubicación geográfica de la zona cañera de la Costa Sur de Guatemala.* Guatemala: CEGICAÑA. Recuperado el 25 de Marzo de 2019, de https://cengicana.org/files/20150902101629336.pdf

10. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala (CENGICAÑA). (2017). *Guía de buenas prácticas agrícolas en caña de azúcar.* Recuperado el 4 de marzo de 2019, de Guatemala: CENGICAÑA: https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf

11. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala (CENGICAÑA). (2018). *Presentación de resultados de investigación zafra 18-19.* Guatemala. Guatemala: CENGICAÑA. Recuperado el 2018, de https://cengicana.org/files/20180917125841197.pdf

12. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña deAzúcar, Guatemala (CENGICAÑA). (2020). *Estaciones agrometeorologicas*. Obtenido de

Guatemala: Instituto Privado sobre Cambio Climático: https://redmet.icc.org.gt/

13. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA); Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica (CATIE). (1987). *Fundamentos y componentes del manejo Integrado de plagas.* (B.O. CATIE, Ed.) El Salvador: CENTA.

14. Collazo, D. (1990). *Revisión de la literatura mundial sobre el borer de la caña de azúcar Diatraea saccharalis: I parte: protección de plantas.* Obtenido de Boletín de Reseñas. Protección de Plantas, 32, 1-32: https://biblat.unam.mx/es/revista/boletin- de-resenas-proteccion-de-plantas/articulo/revision-de-la-literatura-mundial-sobre-el- borer-de-la-cana-de-azucar-diatraea-saccharalis-i-parte

15. Control Bio, España. (2020). *Parasitoidismo*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Eco Plant: http://controlbiologico.info/index.php/es/informacion-sobre-control-biologico- de-plagas/114-info-general/159-infogralparasitoides-2

16. Cruz Sosa, E. (2009). *Evaluación del parasitismo natural en Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctiuidae) en maíz.* Obtenido de (Tesis MSc., Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca: México): http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIROAX/83/CRUZ%20SOSA%20ELIZABETH%2c%202009.pdf?sequence=1&isAllowed=y

17. Esquivel, E. (1994). *Algunas plagas del cultivo de caña de azucar.* México: Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar GEPLACEA. (Serie Técnologica; Modulos Pedagogicos GEPLACEA).

18. Estrada, O., Robles, A., Peña Sandoval, G., & Coronado- Blanco, J. M. (2015). *Parasitismo del minador de la hoja de los citricos (Phyllocnistis critella Stainton) en limón persa, en Xalisco, Nayarit.* Recuperado el Marzo de 2020, de Entomología Mexicana, 2, 186-192: https://www.researchgate.net/publication/280090777_Parasitismo_del_minador_de_la_hoja_de_los_citricos_Phyllocnistis_citrella_Stainton_en_limon_persa_en_Xalisco_Nayarit

19. Farfan Cuevas, J. (2020). *Kairomonas: El tipo de aleloquímicos que dan una ventaja adaptativa a los insectos*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de España: s.e.: https://www.academia.edu/7257769/Kairomonas

20. Figueróa Garcia, L. G. (2019). *El cambio climático y sus efectos en la actividad agrícola de Guatemala.* Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, Boletín de Economía al Día, no. 6, 24 p.: http://desastres.usac.edu.gt/sites/default/files/boletin_no._06_junio_2019.pdf

21. Garzón León, J. C. (2016). *Evaluación de la adición de compuestos químicos (feromonas y kairomonas) a trampas cromáticas, sobre la captura de trips plaga en un cultivo de flores de exportación.* Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de (Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia: Colombia): http://bdigital.unal.edu.co/55023/7/JuanCamiloGarz%C3%B3nL.2016.pdf

22. Ingenio Santa Ana, Laboratorio de Control de Calidad e Investigación Agrícola, Guatemala. (2019a). *Evaluación de la longevidad del parasitoide Aprostocetus esurus en función del tiempo, bajo condiciones semi controladas, Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A.* Escuintla, Guatemala: Arroyo, L.

23. Ingenio Santa Ana, Laboratorio de Control de Calidad e Investigación Agrícola, Guatemala. (2019b). *Instructiva producción del parasitoide Aprostocetus esurus.* Escuintla, Guatemala: Arroyo, L.

24. Ingenio Santa Ana, Laboratorio de Control de Calidad e Investigación Agrícola, Guatemala. (2019c). *Preferencia del biocontrolador Aprostocetus esurus en el proceso de parasitación, a partir de crisálidas de barrenador (Diatraea crambidoides).* Escuintla, Guatemala: Coloma, R.

25. Ingenio Santa Ana, Laboratorio de Control de Calidad e Investigación Agrícola, Guatemala. (2019d). *Registros y controles de calidad para la produccion del parasitoide Aprostocetus esurus.* Escuintla, Guatemala: Coloma, R.

26. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala (INSIVUMEH). (2018). *Variabilidad y cambio climático en Guatemala.* Guatemala: INSIVUMEH. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de https://funcagua.org.gt/wp- content/uploads/2018/06/Variabilidad-y-Cambio-Clim%C3%A1tico-en-Guatemala- 2018-INSIVUMEH.pdf

27. León M, G., Arcila C, Á., Pulido, L. A., & Kondo, T. (2019). *Cambio climático y control biológico de insectos: Visión y perspectiva de la situación.* Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Colombia: AgroSavia https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34163/CB%20CAPITULO%2025%20-%20WEB.pdf?sequence=5&isAllowed=y

28. Limo Cruz, S. M. (2017). *Ciclo biologico y comportamiento de Tetrastichus howardi Olliff en puparios de Billaea (Paratheresia) claripalpis Wulp.* Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de (Tesis MSc., Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Postgrado: Perú): http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7977/Tesis%20Maestr%c3%adaX%20-%20Sisy%20M.%20Limo%20Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

29. Lopéz Boniche, E. (1997). *Evaluación de niveles de daño causados por barrenador de la caña de azucar (Diatraea sp) y su parasitismo natural durante Julio-Diciembre 1995 en el Ingenio Benjamin Zeledon, Rivas.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria: Nicaragua): http://repositorio.una.edu.ni/1684/1/tnh10l864en.pdf

30. Marquéz, J. (2011). *El manejo integrado de plagas. (pp. 203-232).* Recuperado el 7 de Marzo de 2019, de M. Melgar; Meneses, A; H. Orozco; O. Pérez; R. Espinoza. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala: Atemis Edinter: https://cengicana.org/files/20150902101644564.pdf

31. Melendéz Garcia, C. (2015). *Generalidades del insecto Aprostocetus esurus (Hymenoptera: Eulophidae: tetrastichinae) como parasitoide de crisálidas de insectos Lepidópteros. (Tesis Téc. Univ. Prod. Agr. Export.,.* Universidad del Valle de Guatemala, Campus Sur:: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala).

32. Myers, P., Espinosa, R., Parr, C., Jones, T., Hammond, G., & Dewey, T. (2020). *Diatraea crambidoides*. Obtenido de The Animal Diversity Web: https://animaldiversity.org/accounts/Diatraea_crambidoides/classification/

33. Najarro Díaz, G. R. (2009). *Trabajo de graduación realizado en el Departamento de Investigación Agrícola de la caña de azúcar Saccharum spp. del Ingenio Magdalena, S.A, La Democracia, Escuintla.* Recuperado el 7 de Marzo de 2019, de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): http://www.repositorio.usac.edu.gt/8970/

34. Ochoa Peña, A. (2013). *Algunos aspectos etológicos y efectividad de Tetrastichus howardi (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), en el control de Diatraea saccharalis (Fab.) (Lepidóptera: Pyralidae) en áreas forrajeras de la Empresa Azucarera Majibacoa.* Obtenido de (Tesis Mag. Past. Forr., Universidad de Matanzas Cien Fuegos, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hataey: Cuba): https://biblioteca.ihatuey.cu/link/tesis/tesism/anayzaochoa.pdf

35. Orozco, H., Ovalle, W., Villatoro, B., Fuentes, R., Hip, M., Natareno, E., . . . Buc, R. (2018). *Presentación de resultados de investigación zafra 2017-18.* Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Escuintla. Guatemala: CENGICAÑA. Obtenido de https://cengicana.org/files/20180917125841197.pdf

36. Paz Fong, P. D. (2010). *Trabajo de graduación determinación del coeficiente de uniformidad en los sistemas de riego por pivotes en caña de azúcar (Saccharum officinarum) y servicios prestados en la Finca Bolivia del Ingenio Santa Ana, Escuintla.* Recuperado el 24 de Marzo de 2019, de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): http://www.repositorio.usac.edu.gt/7048/

37. Pec Hernández, M. M. (2015). *Preferencia de parasitismo de Cotesia flavipes cameron (Hymenoptera: braconidae), sobre diferentes instares de Diatraea crambidoides grote (Lepidoptera: crambidae). Diagnóstico y servicios realizados en Ingenio Santa Ana, Escuintla,Gguatemala, C. A.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): http://www.repositorio.usac.edu.gt/2331/

38. Piñeyro, G., Fagundes Pereira, F., Gomez Borges, F. L., Rossoni, C., Souzo Silva, A., & Oliveira Kassab, S. (2014). *¿Multiplicar Testrastichus howardi (Hymenoptera: Eulophidae) en la oruga de seda afecta su biologia?* Recuperado el 19 de marzo de 2020, de Acta Biológica Colombiana, 21(1), 189-193: https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/47999/21%281%29pdf_2 art1

39. Ponent, M. H. (1992). *Aprostocetus*. Obtenido de Micro Himenopters de Ponent:http://ponent.atspace.org/fauna/ins/fam/eulophidae/aprostocetus_tet

40. Quishpe Llumiquinga, C. E. (2009). *Reconocimiento y evaluación de la eficiencia de os enemigos naturales del "Defoliador de hoja" (Stenoma cecropia Meyrick) en la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacquin), San Lorenzo - Esmeraldas.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Agronómica: Quito-Ecuador): http://www.ancupa.com/wp- content/uploads/2017/09/Stenoma-cecropia-Cristina-Quishpe-ok.pdf

41. Santa Ana - Grupo Coorporativo, Guatemala. (2020). *Grupo Coorporativo Santa Ana*. Recuperado el 21 de Marzo de 2019, de Guatemala: Santa Ana: https://www.santaana.com.gt/web/guest/somos_santa_ana?p_p_id=15&p_p_action=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=&p_p_col_pos=0&p_p_col_co unt=0&

42. Santa Ana - Grupo Coorporativo, Guatemala. (2020). *Inicio: Bienvenidos a nuestro espacio*. Recuperado el 20 de Marzo de 2019, de Guatemala: Santa Ana: https://www.santaana.com.gt/web/guest/inicio

43. Stern, V. M., Smith, R. F., Van den Bosch, R., & Hagen, K. S. (1959). *The integrated control concept.* Obtenido de Hilgardia, 29(2), 81-101: http://hilgardia.ucanr.edu/fileaccess.cfm?article=152499&p=RNIYONTejeda Poma, V. H. (1993). *Evaluación de cuatro unidades de muestreo, para estima densidades de plagas en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.). Siquinalá, Escuintla.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T- 01437.pdf

44. Urizar Quiroa, R. B. (2018). *Estimación del factor de pérdida ocasio por el barrenadro del tallo (Diatraea crambidoides Grote) (Lepidoptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.) variedad CG-00 102, en estado de plantía; Diagnóstico y servicios realizados en Ing.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomia: Guatemala): http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03570.pdf Guatemala

2.12. ANEXOS

2.12.1. Ficha de recolección de información

La figura 32A. presenta el formato de recolección de información sobre la evaluación del parasitoide A*prostocetus esurus* para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar, bajo condiciones semi controladas, Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala C.A

Fecha: _____

Parcela No. _____

Punto No.	Tallo No.			Descripción			
		B	N-B	B-P	B-L	B-C	EX.
	1						
I	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
II	7						
	8						
	9						
	10						
III	11						
	12						
	13						
	14						
IV	15						
	16						
	17						
	18						
V	19						
	20						
	21						
	22						
VI	23						
	24						
	25						
	26						
VII	27						
	28						
	29						
	30						
VIII	31						
	32						
	33						
	34						
IX	35						
	36						

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 32A. Ficha de recolección de información, evaluación del parasitoide Aprostocetus esurus para el control de pupas de barrenador del tallo de la caña de azúcar (Diatraea crambidoides).

Donde:

B: Tallo barrenado; N-B: Tallo no barrenado; B-P: Tallo barrenado con pupa en la galería; B-L: Tallo barrenado con larva en la galería; B-C: Tallo barrenado con cocón (Pupario del parasitoide *Cotesia flavipes*); Ex: Tallo barrenado con exubia de adulto emergido.

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

3.1. PRESENTACIÓN

Dentro de los requerimientos del ejercicio profesional supervisado de Agronomía y como parte de las evaluaciones establecidas por el departamento técnico agrícola del ingenio Santa Ana, fueron ejecutadas las siguientes investigaciones en el periodo comprendido de febrero a noviembre del 2019:

1. Evaluación del tiempo de vida de adultos parasitoides (*Cotesia flavipes*), bajo una simulación de condiciones de campo.

2. Preferencia del biocontrolador *Aprostocetus esurus* en el proceso de parasitación, a partir de crisálidas de barrenador *(Diatraea crambidoides)*, con diferentes días de madurez, laboratorio de control de calidad, Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A.

3. Determinación de un modelo para la dosificación del parasitoide *Aprostocetus esurus* en vasos de liberación.

4. Liberación de parasitoides para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

Los informes sobre las investigaciones presentadas se adjuntan en los anexos 1, 2, 3 y 4.

3.2. Servicio 1: Evaluación del porcentaje de sobrevivencia de (*Cotesia flavipes)* en función del tiempo, condiciones semi controladas, laboratorio de control de calidad, ingenio Santa Ana.

3.2.5. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Determinar la longevidad del parasitoide *Cotesia flavipes,* bajo una simulación de condiciones de campo.

B. Objetivos Específicos

1. Definir la fuente alimenticia que promueva la longevidad del parasitoide en campo.

3.2.6. METODOLOGÍA

A. Factor de estudio

El tiempo de vida del parasitoide *Cotesia flavipes,* bajo una simulación de condiciones ambientales de campo.

B. Hipótesis

Los parasitoides *C. flavipes* tendrán un mayor tiempo de vida tras su exposición a una fuente alimenticia.

C. Tratamientos

Para la evaluación de la longevidad del parasitoide *Cotesia flavipes*, se elaboraron los siguientes tratamientos, detallados en el cuadro 16.

Cuadro 16. Fuentes de alimento para el parasitoide Cotesia flavipes en la evaluación del tiempo de vida del insecto, en una simulación de campo.

Tratamiento	Descripción
T1	Miel al 10%
T2	Bidens spp.
T3	Testigo

a. Solución de miel al 10%

Este tratamiento fue elaborado a partir de una mezcla formada por 10 ml de miel comercial y 90 ml de agua desmineralizada, agitada por 1 minuto. Trozos de algodón de dos pulgadas cuadradas fueron cortados para ser sumergidos dentro de la solución. Estos se dejaban escurrir eliminando excedentes y posteriormente eran colgados en la parte alta de los recipientes modificados para le evaluación.

b. Testigo absoluto

El testigo estuvo conformado por 2000 parasitoides que fueron dosificados de igual forma que los demás tratamientos, con la excepción de carecer una fuente de alimento dentro del contenedor, parasitoides expuesto a condiciones ambientales de campo sin ninguna fuente de alimento.

D. Desarrollo del experimento

Envases de 2500 ml plásticos, fueron modificados, a estos recipientes se les retiro el extremo inferior, cortándolo mediante una cuchilla metálica. Una vez removida dicha parte, fue colocada tela tipo tul para permitir la recirculación de aire dentro del recipiente, la tela fue pegada mediante silicón al envase, a su vez también se colocó hules plásticos en el contorno del recipiente, donde fue pegada la tela. De esta manera los parasitoides estaban contenidos dentro del recipiente, con circulación de aire y espacio amplio para su movilidad.

Los recipientes fueron establecidos a la intemperie, en un área con sombra y poca incidencia solar, de manera que se asemejaran las condiciones que existen dentro de un cañal. Cada recipiente fue dosificado con 2000 parasitoides.

La dosificación de parasitoides fue realizada a partir del apoyo de personal técnico de la unidad de producción de parasitoides. Masas con puparios fueron pesadas y dosificadas dentro de los recipientes elaborados. De manera que los parasitoides emergieran dentro del contenedor y así poder observar la mortalidad del insecto a partir del momento de su emergencia.

Distintas fuentes de alimento fueron colocadas dentro de los recipientes. Para las diferentes dietas evaluadas se tomó en cuenta plantas arvenses que han sido introducidas a orillas de los quíneles, con el objeto de resguardo y alimentación de insectos benéficos. Se retiraba la parte de la corola de la flor y esta era introducida en el recipiente. También se hizo la evaluación a partir de la dieta convencional que se maneja para la liberación de parasitoides, solución de miel al 10%, la cual es absorbida por algodón para posteriormente ser colocado en la parte superior del vaso.

El establecimiento de los recipientes con dieta y dosificado con parasitoides fue monitoreado diariamente a partir de las 7: 00 am, 1:00 pm y 5:00 pm. Durante el monitoreo periódico que era realizado se contabilizaron los parasitoides muertos, sacándolos del contenedor. A su vez era cambiada la dieta de los contenedores, esto diariamente.

3.2.7. RESULTADOS

A. Determinar la longevidad del parasitoide *Cotesia flavipes,* bajo una simulación de condiciones de campo.

La longevidad del parasitoide *Cotesia flavipes* está determinada por una serie de elementos que promueven o bien pueden acortar la vida del insecto y posteriormente su acción de control en campo. Diversas entidades dedicadas al manejo y producción de parasitoides han señalado un promedio de vida para adultos de *Cotesia flavipes* periodo de 2.3 días (Agroactivo, s.f.).

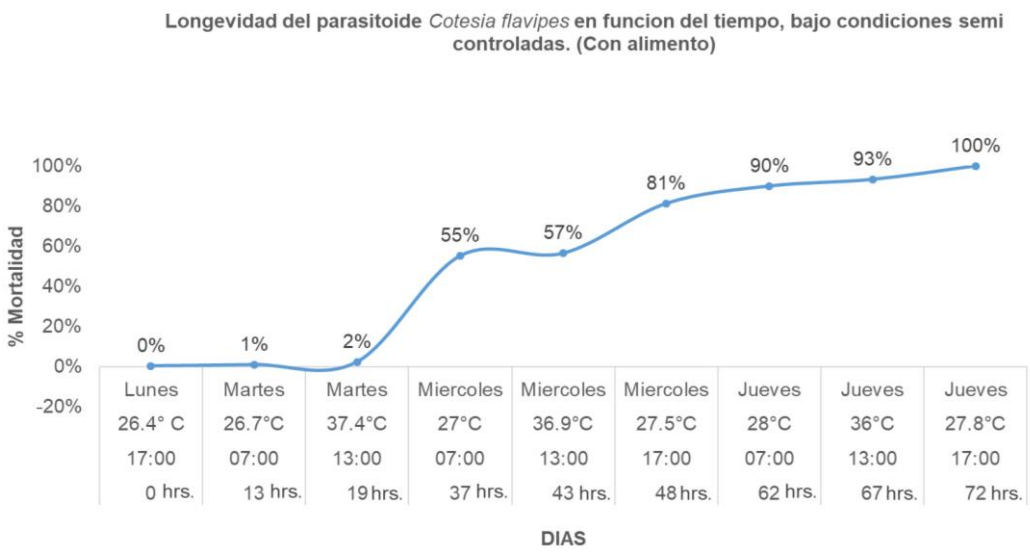
A continuación, se detalla la longevidad del parasitoide *Cotesia flavipes,* a partir de una simulación de campo, en condiciones de sombra, incidencia solar moderada y circulación de viento.

a. Evaluación I, *Cotesia flavipes* y su tiempo de vida tras la exposición a condiciones de campo.

Dicha información fue analizada a partir de parasitoides de un lote comercial, es decir que los parasitoides usados para la evaluación fueron parte de un lote especifico de liberación comercial, los cuales emergieron en condiciones de laboratorio, copularon y posteriormente fueron introducidos condiciones de frio, para garantizar su acción en campo.

El parasitoide *Cotesia flavipes*, con dos días de emergencia, manejado bajo los parámetros de una liberación comercial presento una longevidad de hasta 72 horas luego de ser expuesto a condiciones ambientales de sombra, incidencia solar moderada y circulación de viento. La máxima mortalidad se presentó a las 48 horas con respecto a su establecimiento, bajo la simulación de condiciones de campo, donde presento una mortalidad del 81 %, información que se ejemplifica de acuerdo a la figura 1.

A continuación, se presenta un gráfico, dada la figura 29, basado en el tiempo que transcurrió desde el momento que fueron establecidos los parasitoides en condiciones de campo hasta el momento de su muerte cuando la población había descendido más allá del 95 %.



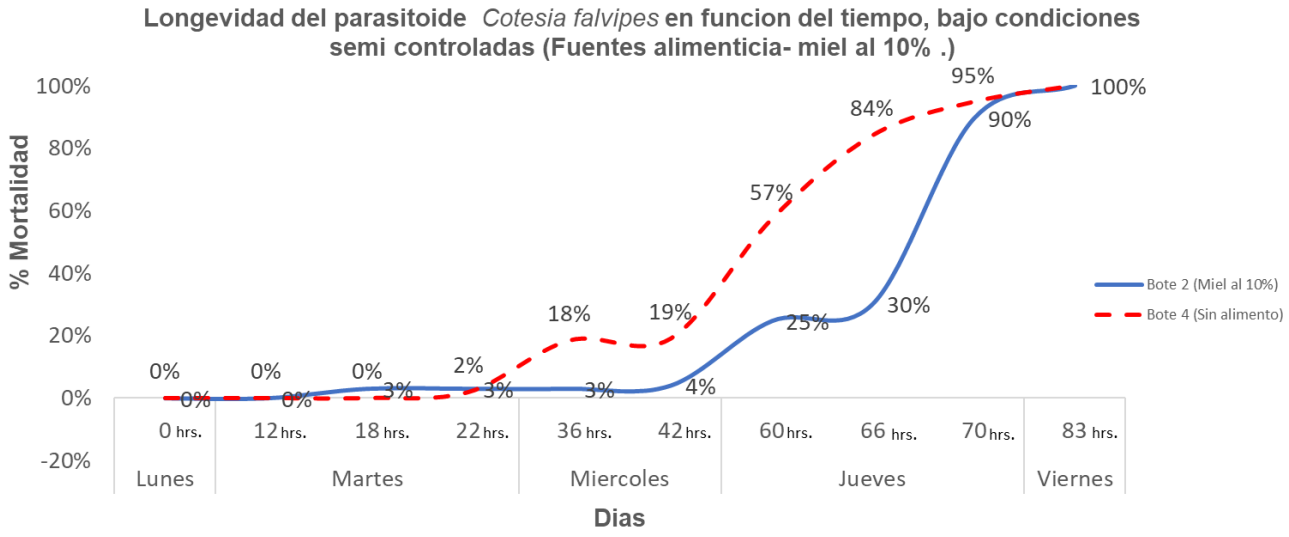
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 33. Primera evaluación, parasitoide *Cotesia flavipes* y su exposición a condiciones de campo posterior a su manejo en laboratorio previo a una liberación comercial.

b. Evaluación II, Longevidad del parasitoide *Cotesia flavipes* tras su exposición a condiciones de campo y el uso de diferentes fuentes alimenticias.

El parasitoide *Cotesia flavipes* presentó una longevidad de hasta 83 horas. Se realizó la comparación de la longevidad del parasitoide basado en un grupo de parasitoides sin alimento y otro con una solución de miel al 10 %.

El grupo de parasitoides sin ninguna fuente de alimento tuvo la máxima mortalidad del 84 % a las 66 horas de haber sido establecido. Los parasitoides con alimento tuvieron la máxima mortalidad a las 70 horas de haber sido establecidos, con un 90 %, situación que se ejemplifica de acuerdo a la figura 30. El material de evaluación fue monitoreado a partir de la emergencia de parasitoides.



Fuente: elaboración propia, 2019.

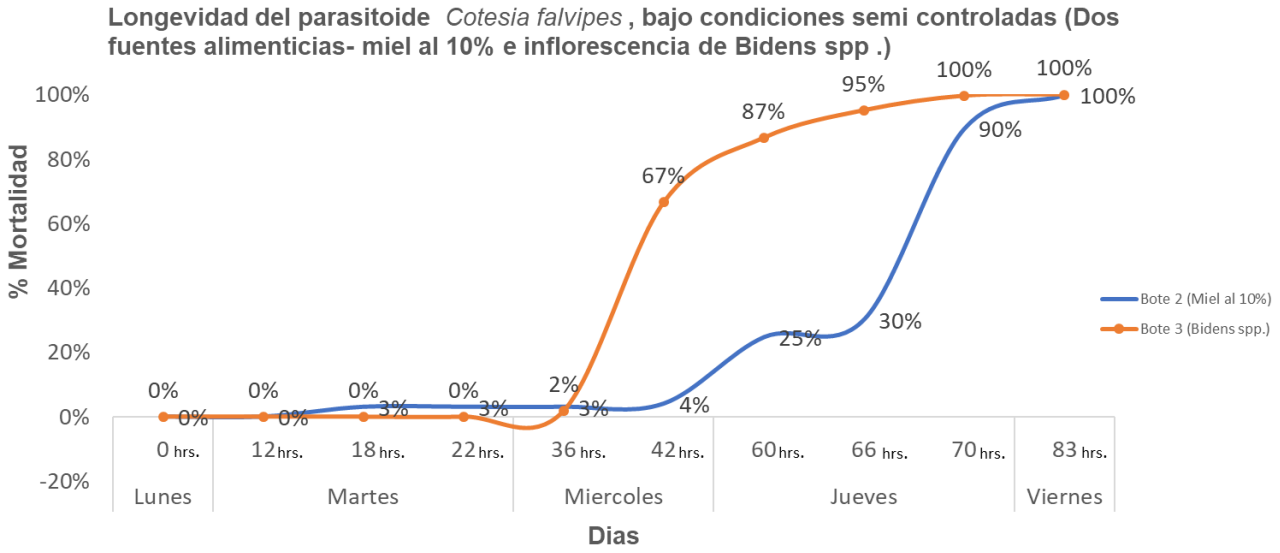
Figura 34. Segunda evaluación, parasitoide *Cotesia flavipes* y su exposición a condiciones de campo a partir de su emergencia.

B. Definir la fuente alimenticia que promueva la longevidad del parasitoide en campo.

a. Comparación de dos fuentes alimenticias, para el biorregular *Cotesia flavipes.*

Se compararon dos fuentes de alimento, *Bidens pilosa* y solución de miel al 10 %. En el uso de inflorescencia de *Bidens pilosa*, el parasitoide *C. flavipes* registro un tiempo de vida de hasta 68 horas, teniendo la máxima mortalidad del 87 % a las 60 horas; por tanto, se identificó la solución de miel al 10 % como la fuente alimenticia que contribuye a una mayor longevidad del parasitoide bajo una simulación de condiciones de campo, con la diferencia de 10 adicionales, situación que se describe de acuerdo a la figura 3.

A continuación, se presenta dada la figura 31, la información procesada a partir de la emergencia de los parasitoides. Representación gráfica de acuerdo a la mortalidad de parasitoides registrada y la exposición a las diferentes fuentes alimenticias.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 35. Segunda evaluación, parasitoide *Cotesia flavipes* y su exposición a condiciones de campo. Comparación de dos fuentes alimenticias.

La evaluación realizada señala un incremento en la longevidad del parasitoide *C. flavipes* tras la incorporación de una fuente de alimento. Bajo condiciones de laboratorio el tiempo de vida de los parasitoides puede ser más prolongado, mientras que la exposición a condiciones ambientales indica un tiempo de vida mayor a 70 horas. Según (Astola & Narrea 2019), *Cotesia flavipes* puede presentar bajo condiciones de laboratorio un promedio de vida mayor a 3 días, en parasitoides con alimento; La fuente de alimento que contribuye a prolongar el tiempo de vida del parasitoide es una solución de miel al 10 %.

La longevidad de estos estará condicionada por la copula y exposición a larva hospedera para el caso de las hembras, la suma de estas condicionantes tendrá efectos sobre una reducción en el tiempo de vida del insecto, debido al gasto energético del insecto.

La importancia ante el establecimiento de la longevidad del parasitoide dada una simulación de condiciones de campo influye en reafirmar la metodología de trabajo empleada para la producción de parasitoides tras hacer envíos de insectos a campo con alimento, solución de miel al 10%. Posteriormente dar paso y amplitud al establecimiento de nuevos corredores biológicos con más especies arbustivas, receptoras de insectos, a orillas de los cañaverales. De manera que los biorreguladores tengan resguardo al momento de ser liberados en campo y en un futuro próximo garantizar poblaciones establecidas a partir de la producción generada en laboratorio.

3.3. Servicio 2: Preferencia del biocontrolador *Aprostocetus esurus* en el proceso de parasitación, a partir de crisálidas de barrenador *(Diatraea crambidoides)*, con diferentes días de madurez, laboratorio de control de calidad, Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A.

3.3.1. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Identificar la edad del material de preferencia por el parasitoide *Aprostocetus esurus,* para el proceso de parasitación en condiciones controladas.

B. Objetivos específicos

1. Definir el porcentaje de parasitación alcanzado en las diferentes edades manejadas.
2. Determinar si el porcentaje de parasitoides emergidos depende de la edad del material parasitado (Pupa).

3.3.2. METODOLOGÍA

A. Factor de estudio

Determinación de la preferencia del parasitoide *Aprostocetus esurus* ante la madurez de crisálidas del barrenador del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea crambidoides*).

B. Hipótesis

El parasitoide *Aprostocetus esurus* presentará preferencia de parasitación frente a la exposición de material con 5 y 6 días de madurez.

C. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 2 crisálidas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

D. Tratamientos

El cuadro 16, que a continuación se detalla, describe las diferentes edades empleadas durante la observación en la preferencia de parasitación de *A. esurus.*

Cuadro 16. Madurez de crisálidas a emplear durante proceso de parasitación.

Tratamiento	Material empelado	Días de madurez
T1	Estado de crisálida	1
T2	Estado de crisálida	2
T3	Estado de crisálida	3
T4	Estado de crisálida	4
T5	Estado de crisálida	5
T6	Estado de crisálida	6
T7	Estado de crisálida	7
T8	Estado de crisálida	8
T9	Estado de crisálida	9
T10	**Estado de crisálida**	**10**

Fuente: elaboración propia, 2019.

E. Desarrollo del experimento

a. Desinfección de los utensilios

Se utilizaron cajas de camisas, las cuales fueron desinfectadas mediante alcohol al 70 %, para la eliminación de posibles contaminantes y evitar así cualquier riesgo de contaminación ante el material de parasitación (pupas).

b. Ejecución del experimento

Se midió el largo de la caja de camisa a emplear, una vez tomadas las dimensiones del contenedor, se hizo la separación de manera que las crisálidas pudiesen ser establecidas de forma equidistante. El espacio destinado para la posición de cada crisálida fue de 2.5 cm entre estas, de manera que todas las edades fuesen colocadas dentro del contenedor y a su vez pudiesen permanecer equidistantes, un tratamiento del otro.

Todo el material insertado dentro de caja de camisa, fue manipulado mediante el uso de guantes de látex y pinzas metálicas. El material de parasitación fue manejado de tal manera que no existiría cualquier interferente en la atracción del parasitoide por el hospedero.

Dos pupas por tratamiento fueron insertadas dentro de la caja de camisa, partiendo de material con un día de madurez hasta diez días. Con el material equidistante dentro del contenedor se procedió a liberar 5 parasitoides, con el objeto de observar la preferencia del insecto en función de la edad de las crisálidas.

A continuación, dada la figura 36 se muestra los contenedores empleados para el proceso de parasitación bajo condiciones controladas.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 36. Cajas de camisa desinfectadas, posicionamiento equidistante para el material de evaluación. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

Al momento de realizada la parasitación en el material de evaluación. La crisálida parasitada era removida e identificada en una caja de policarbonato, descrita con el nombre correspondiente al tratamiento y la fecha de parasitación, para que esta fuese dejada en observación. Luego de ser removida cada crisálida parasitada de un tratamiento específico, una nueva era introducida. Los parasitoides que no parasitaron ninguno de los tratamientos expuestos, fueron retirados de la caja de camisa. Cinco parasitoides adicionales eran introducidos dentro del contenedor ante el material de evaluación y así poder observar la preferencia del parasitoide ante la edad de madurez de las crisálidas.

c. Manejo del experimento

Todas las crisálidas que fueron parasitadas estuvieron en observación durante un periodo de 14 días con la finalidad de contabilizar el número de parasitoides emergidos por unidad. Adicional, se determinó la eficiencia de parasitación alcanzada en las diferentes edades de las crisálidas insertadas.

A continuación, se presenta en la figura 37, el proceso de selección de material parasitado para la identificación e individualización del mismo.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 37. Evaluación del hymenoptero *Aprostocetus esurus*, en preferencia por material de parasitación. A: Proceso de parasitación. B: Aislamiento e individualización de material parasitado. C: Sellado e identificación de material parasitado. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

F. Análisis de la información

Al no cumplir con el supuesto de normalidad se procedió a realizar una prueba no paramétrica mediante el uso de la prueba Kruskal & Wallis. A su vez se diagramó el porcentaje de crisálidas parasitadas en las diferentes edades, a partir de un gráfico de columnas, al igual que para la variable número de parasitoides emergidos sobre los diferentes tratamientos evaluados.

Dada la figura 38 que a continuación se muestra, se detalla el proceso de selección de hospedero por el parasitoide de pupas *Aprostocetus esurus,* en condiciones controladas con material de laboratorio.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 38. Observación y monitoreo llevado a cabo para la identificación de material parasitado. Guatemala, departamento de Escuintla, 2019.

3.3.3. RESULTADOS

A. Identificación ante la preferencia del biorregulador *Aprostocetus esurus* dado el material dispuesto para llevar a cabo el proceso de parasitación en condiciones controladas.

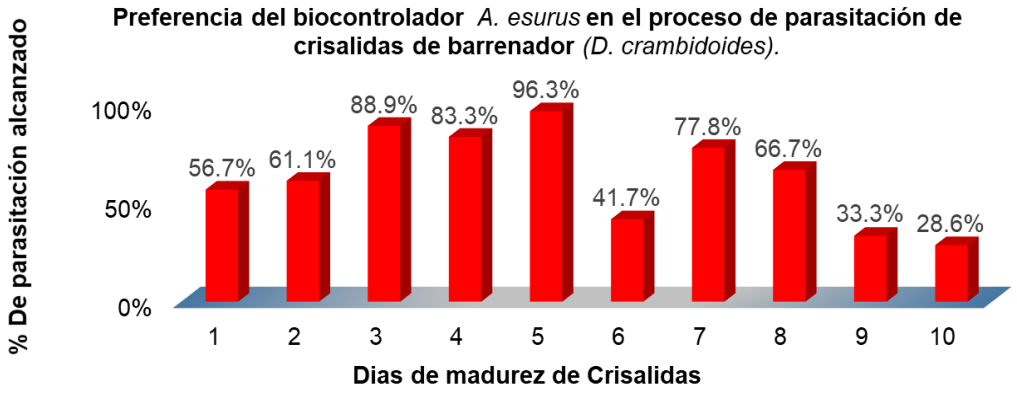
Mediante del gráfico generado dada figura 34, se puede observar que el parasitoide *A. esurus* mostró preferencia al parasitar mayor cantidad de crisálidas en el material con 5 días de madurez alcanzando 96.3 % de parasitación, seguido con valores del 88.9 % para el día 3 y 83.3 % para el día 4.

a. Prueba no paramétrica para las variables:

i. Definición del porcentaje de parasitación alcanzado en las diferentes edades de hospedantes manejadas

A través de un análisis para una prueba no paramétrica (Kruskal & Wallis), se estableció que no existió diferencia significativa entre tratamientos con un nivel de significancia observado p (0.6105), mayor al nivel de significancia fijado (α=0.05).

A continuacion se ejemplifica en la figura 39 y 40, a partir de un grafico de barras las tendencias basadas en la preferencia y número de insectos emergidos, producto del parasitoide A. esurus dado el material de parasitación al que fue expuesto, crisalidas de 1 hasta 10 dias, referente a los dias de maduración.



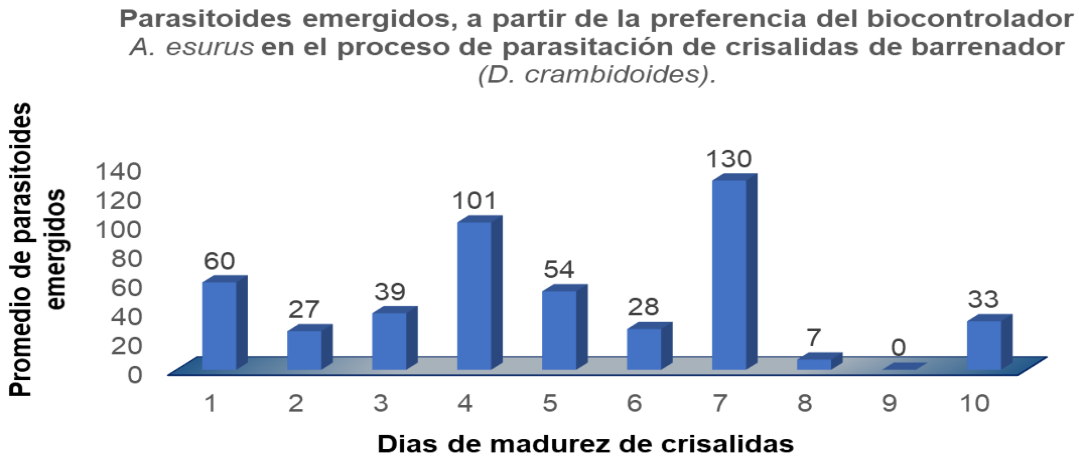
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 39. Porcentaje de parasitación alcanzado a partir de crisálidas de barrenador con diferentes días de madurez, parasitoide *A. esurus.*

A partir de los resultados manejados se puede establecer que para el parasitoide *Aprostocetus esurus* no presentó preferencia en la madurez de crisálidas de barrenador, durante el proceso de parasitación. Con la salvedad que los resultados con mejores porcentajes de parasitismo fueron percibidos en material de mediana edad, es decir 5 días de haber sido realizada la trasformación de larva a crisálida.

ii. Establecimiento del porcentaje de parasitoides emergidos dada la edad del hospedero parasitado.

Respecto al número de parasitoides emergidos se identificó un valor significancia observado p (0.0814), mayor al nivel de significancia fijado, por ello se determinó que no existe diferencia entre tratamientos, el número de emergidos no es dependiente de la edad de madurez de la crisálida.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 40. Parasitoides emergidos a partir de la preferencia de *Aprostocetus esurus* en crisálidas de barrenador.

Por tanto, no existe diferencia respecto a la cantidad de parasitoides emergidos y la relación de la madurez de crisálidas de barrenador parasitadas.

Las ventajas ante la identificación de estas situaciones en función de las limitantes del proceso productivo del parasitoide *Aprostocetus esurus*, conllevaron a definir que es correcto hacer uso de hospederos, crisálidas, en diferentes edades de madurez y no únicamente aquellas más jóvenes. Si bien las predicciones de lotes de producción pueden sufrir atrasos o adelantos no existe problema alguno en utilizar diferentes edades para el proceso de parasitación. Únicamente consideras que la influencia sobre el grado de éxito que se obtenga en el parasitismo alcanzado, estará directamente ligada con los caracteres físicos del material y asepsia con el que este cuente.

3.3.4. ANEXOS

3.8.1 Prueba no paramétrica Kruskal & Wallis

El cuadro 17 , se muestran los resultados obtenidos en la prueba no paramétrica de Kruskal & Wallis, el cual se realizó mediante el software estadístico Infostat®.

Cuadro 17. Prueba no paramétrica Kruskal & Wallis, para la variable número de crisálidas parasitadas.

Variable	Dia	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
Crisálidas Parasitadas	1.00	3	3.00	3.61	2.00	6.77	0.6105
Crisálidas Parasitadas	2.00	3	1.00	0.00	1.00		
Crisálidas Parasitadas	3.00	3	2.00	1.00	2.00		
Crisálidas Parasitadas	4.00	3	1.67	0.58	2.00		
Crisálidas Parasitadas	5.00	3	3.67	3.79	2.00		
Crisálidas Parasitadas	6.00	3	1.33	1.53	1.00		
Crisálidas Parasitadas	7.00	3	1.00	0.00	1.00		
Crisálidas Parasitadas	8.00	3	2.33	2.08	3.00		
Crisálidas Parasitadas	9.00	3	0.33	0.58	0.00		
Crisálidas Parasitadas	10.00	3	2.00	3.46	0.00		

El cuadro 18 , se muestran los resultados obtenidos para la variable número de parasitoides emergidos en la prueba no paramétrica de Kruskal & Wallis, el cual se realizó mediante el software estadístico Infostat®.

Cuadro 18. Prueba no paramétrica Kruskal & Wallis, para la variable número de parasitoides emergidos.

Variable	Dia	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
No. Emergidos	1.00	10	60.00	58.68	43.50	15.11	0.0814
No. Emergidos	2.00	2	26.50	14.85	26.50		
No. Emergidos	3.00	6	38.83	65.30	1.50		
No. Emergidos	4.00	5	101.20	35.35	106.00		
No. Emergidos	5.00	9	53.59	39.39	55.00		
No. Emergidos	6.00	4	28.00	54.00	1.00		
No. Emergidos	7.00	2	130.00	4.24	130.00		
No. Emergidos	8.00	2	7.00	8.49	7.00		
No. Emergidos	9.00	1	0.00	0.00	0.00		
No. Emergidos	10.00	6	33.33	43.67	16.00		

3.4. Servicio 3: Determinación de un modelo para la dosificación del parasitoide *Aprostocetus esurus* en vasos de liberación.

3.4.1. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Generar un modelo de regresión que se ajuste al comportamiento de los datos obtenidos.

B. Objetivos específico

1. A partir del modelo generado, dosificar vasos de liberación con el parasitoide *Aprostocetus esurus.*

2. Cumplir con la liberación de 3000 parasitoides *Aprostocetus esurus* en vasos de liberación.

3.4.2. METODOLOGÍA

A. Factor de estudio

La relación entre el peso del hospedero respecto al número de parasitoide emergidos.

B. Hipótesis

El número de parasitoides emergidos estará condicionado mediante el peso del hospedero.

C. Unidad de muestreo

Crisálida con madurez de 5 días respecto a su transformación, parasitada por hembras del parasitoide *Aprostocetus esurus.*

D. Tratamientos

A continuación, en el cuadro 19, se identifica el material usado en la generación del modelo de dosificación de vasos de liberación para el parasitoide *Aprostocetus esurus.*

Cuadro 19. Material de laboratorio implementado en la validación de datos.

Tratamiento	Descripción
T1	Crisálida parasitada

Fuente: Elaboración propia, 2019.

E. Desarrollo y ejecución de la investigación

Se lavaron 100 cajas de policarbonato para el establecimiento del ensayo. Las cajas de policarbonato fueron separadas, lavando de manera independiente las bases como tapaderas. Se asignó numeración a cada una de las cajas. El código de identificación era colocado en la parte superior de las tapaderas.

Se pesaron 100 crisálidas parasitadas con fecha 28/02/2019. Cada crisálida era tomada mediante guantes de látex para su pesaje individual.

Cada una de las crisálidas fueron pesadas mediante una balanza analítica. La crisálida que era pesada, se individualizaba siento esta introducida en una caja de policarbonato previamente identificada. Esto con el objeto de llevar un orden y control sobre la totalidad del material evaluado.

Todas las cajas fueron debidamente selladas mediante papel Parafilm en el borde externo; esto fue realizada para intervenir la salida de parasitoides ya que al ser muy pequeños existía la posibilidad de escapar y alterar los resultados.

Se realizaron conteos a partir del número de individuos emergidos en cada una de las unidades de muestreo. Los conteos que fueron realizados únicamente formaron parte en aquellas unidades donde se presenció parasitoides emergidos.

A continuación, en la figura 41, se identifica el proceso de parasitación en laboratorio, así como de resultados de encapsulamiento al existir la presencia de nuevos parasitoides, pero sin emergencia del hospedero.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 41. Crisálidas parasitadas por el biorregulador *Aprostocetus esurus*. A: Crisálidas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides)* siendo parasitadas por *Aprostocetus esurus* en condiciones controladas. B: Encapsulamiento de parasitoide en crisálidas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides)*

.

F. Monitoreos y manejo de la investigación

Durante 3 semanas, diariamente fueron observadas cada una de las cajas de policarbonato que poseían las crisálidas parasitadas, con la finalidad de observar la emergencia de parasitoides dentro de estas. Posterior a la emergencia de los parasitoides 6 días adicionales fueron dejados en observación hasta el momento de la muerte de estos y así realizar los conteos de cada una de las unidades de muestreo.

Todo el material con la presencia de emergencia de parasitoides fue observado mediante un estereoscopio. Todo el ensayo fue manipulado y monitoreado dentro de las instalaciones del laboratorio de control de calidad del departamento técnico agrícola del Ingenio Santa Ana; con condiciones de temperatura de 26 °C y humedad relativa del 70 %.

3.4.3. RESULTADOS

A. Generación de un modelo de regresión para la dosificación de vasos de liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus*

A continuación, se describen los resultados obtenidos a partir de un análisis de regresión lineal.

Para un total de 73 Crisálidas, tomando como referencia de muestra únicamente el material donde existió presencia de parasitoides emergidos, se obtuvo dentro de los resultados para un modelo de regresión lineal grado uno, un coeficiente de determinación del 22 %, lo que indica que las variables del modelo se ajustan en dicha magnitud.

AIC: Coeficiente de Akaike, con un valor de 793.91
Constante: un nivel de significancia observado de p (0.7819), mayor al nivel de significancia fijado del 5%, el riesgo de rechazar la hipotesis nula (Ho), siendo esta verdadera es alto. Por tanto, no se rechaza la hipótesis nula.
Conclusión: se debe evaluar un modelo de Guass, modelo más sencillo.

A partir del diagrama de dispersión dado la figura 1., se obtuvo un coeficiente de determinación del 21.6%. Por tanto, se procedió a evaluar un modelo más parsimonioso que se ajustará en mayor proporción a los valores de los datos sobre la muestra empleada.

En la evaluación del modelo de Guass, expreado en el cuadro 4., se obtuvo un coeficiente de determinación del 69%, en donde la variable β es explicada en dicho valor por el modelo, por tanto, se ajusta en mejor proporción en comparación del modelo anterior.

AIC: Índice de Akaike, 791.99. Este modelo resulta más parsimonioso o más sencillo, reduciendo el valor del AIC en al menos dos unidades. En comparación al modelo anterior el cual presentaba un índice de Akaike cuyo valor era de 793.91
El valor de significancia observado para la variable β, es menor al nivel de significancia fijado del 5 %, por tanto, el riesgo de rechazar la nula es mínimo. Se rechaza la hipotesis nula (Ho) y se acepta la hipotesis alterna (Ha).

Modelo: Y= 1039.30 (x)

Definición del modelo: Por cada gramo de crisálidas se obtendrá un número de 1040 *A. esurus* emergidos por vaso de liberación.

A. Implementación del modelo

a. Descripción del modelo

Y: avispas por crisálida
X: peso de crisálida

Donde:

Peso/Crisálida: peso total lote (g) /Número total de crisálidas
X: (n) gramos/crisálida
Y: 1039.30 (gramos/crisálida) =

A partir del modelo anteriormente descrito, el departamento técnico agrícola del ingenio Santa Ana durante el periodo de liberación de parasitoides comprendido de febrero a septiembre del 2019, estimó el número de crisálidas a emplear en cada uno de los vasos de liberación del controlador biológico *Aprostocetus esurus*; dado el modelo que con mejor ajuste de valores obtenidos a partir del número de parasitoides emergidos para una muestra de 73 crisálidas parasitadas es: y= 1039.30 (x)

B. Uso del modelo, para la correcta dosificación de 3000 parasitoides en vaso de liberación

Para cumplir con el número de 3000 parasitoides por vaso de liberación se emplea el modelo de la siguiente forma:
3000 avispas/vaso de liberación: (3000/Y) ÷ (Peso/Crisálida) = Número de crisálidas a emplear en cada vaso de liberación.

Los vasos próximos a liberación pasaron por un desarrollo de 2 días, cada recipiente era debidamente sellado. 24 horas luego que los parasitoides habían emergido, estos podían ser llevados a campo para hacer las respectivas liberaciones, con el objeto que las hembras se encontrarán alimentadas y copuladas.

Por cada gramo adicional, el número de parasitoides a emerger es de 1040 individuos. Es decir que se deben de pesar aproximadamente 2.9 gramos de material parasitado, crisálidas, garantizando así que los 3000 individuos puedan ser enviados a campo.

La implicación ante el uso inequívoco del modelo de regresión se traduciría en ausencia de parasitoides liberados en campo, un indebido uso de los recursos al enviar mayor cantidad de vasos, pero con menor contenido de parasitoides por recipiente adicional al gasto en jornales para conllevar la tarea de liberación.

3.4.4. ANEXOS

A. Análisis de regresión lineal.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para la elaboración de un modelo de regresión lineal para la dosificación de vasos de liberación del parasitoide *Aprostocetus esurus* empleando como hospedero crisálidas de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

Cuadro 20. Análisis de regresión lineal, resultados obtenidos a partir de una muestra de 73 individuos.

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R^2	R^2 AJ	ECMP	AIC	BIC
Parasitoides emergidos	73	0.22	0.20	3091.18	793.91	800.78

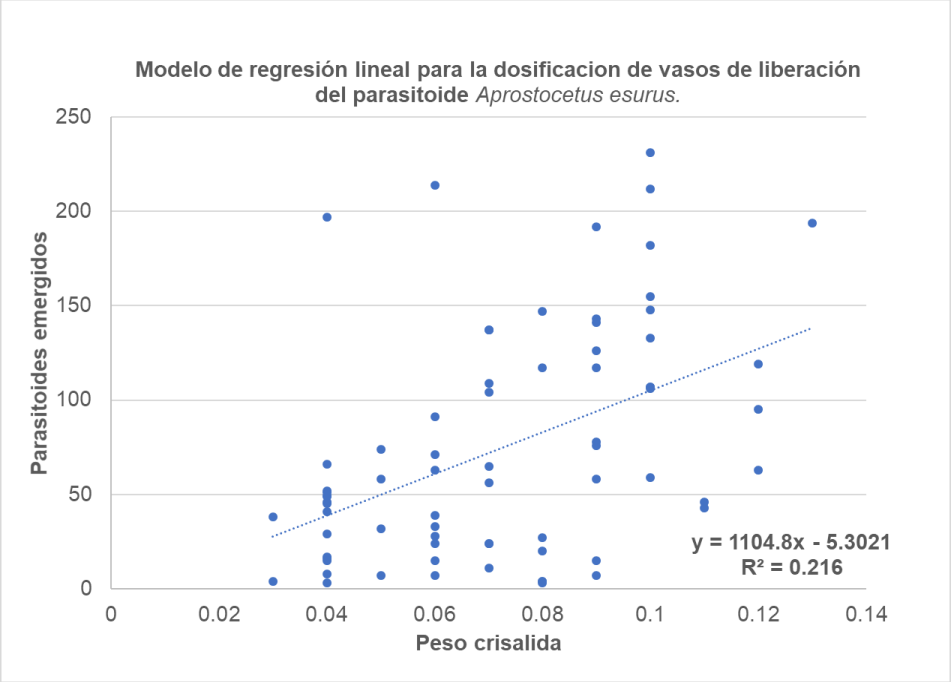
Cuadro 21. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E	LI (95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	-5.30	19.08	-43.350	32.74	-0.28	0.7819		
Peso	1104.76	249.76	606.75	1602.78	4.42	<0.0001	20.31	1.00

Cuadro 22. Análisis de la Varianza (Sc tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	57353.56	1	57353.56	19.57	<0.0001
Peso	57353.56	1	57353.56	19.57	<0.0001
Error	208129.81	71	2931.41		
Total	265483.37	72			

FV: Fuente de variación Gl: grados de libertad SC: sumatoria de cuadrados
CM: Cuadrado medio F: valor de F



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 42. Diagrama de dispersión, modelo para la dosificación de vasos de liberación del parasitoide *A. esurus.*

Cuadro 23. Análisis del método Gauss, resultados obtenidos a partir de una muestra de 73 individuos

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R^2	R^2 AJ	ECMP	AIC	BIC
Parasitoides emergidos	73	0.69	0.68	2986.92	791.99	796.57

Cuadro 24. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E	LI (95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Peso	1039.30	82.42	874.99	1203.60	12.61	<0.0001	156.84	1.00

Cuadro 25. Cuadro de Análisis de la Varianza (Sc tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	460137.81	1	460137.81	159.01	<0.0001
Peso	460137.81	1	460137.81	159.01	<0.0001
Error	208356.19	72	2893.84		
Total	668494.00	73			

FV: Fuente de variación Gl: grados de libertad SC: sumatoria de cuadrados
CM: Cuadrado medio F: valor de F

3.5. Servicio 4: Liberación de parasitoides para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

3.5.1. OBJETIVOS

A. General

Desarrollo de una nueva metodología para la liberación de parasitoides en el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea crambidoides*).

B. Específicos

1. Identificar el manejo y traslado idóneo de parasitoides, garantizando su máxima sobrevivencia.

2. Establecer las condiciones ambientales propicias para la liberación de parasitoides.

3.5.2. METODOLOGÍA

A. Factor de estudio

Determinar los factores influyentes en las bajas tasas de parasitación por los biorreguladores para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(Diatraea crambidoides).*

B. Hipótesis

El uso de parasitoides y sus resultados ante bajos porcentajes de parasitismo en campo se deben al manejo inapropiado de los insectos durante el desarrollo de la liberación.

C. Desarrollo del proyecto

a. Temperatura máxima para la liberación de parasitoides

Se ha reconocido que la motricidad de los insectos se ve influenciada seriamente por la temperatura a la que estos son expuestos. Las características expresadas ante las variaciones de temperatura conducen hacia la inactivación de su locomoción, retrasos en el desarrollo y en cambios más bruscos que conducen hacia la muerte del insecto.

Estudios en el cultivo de la caña de azúcar acerca de la liberación de parasitoides han permitido identificar mayores tasas de parasitismos a través del uso de *Cotesia flavipes* en horas de la mañana, donde la temperatura es menor y existe una mayor humedad relativa.

Los resultados de la evaluación: Liberación del parasitoide *Cotesia flavipes* (hymnoptera: Braconidae) en *Diatraea saccharalis* (lepidoptera: Crambidae) en una plantación de caña de azúcar, presentaron resultados óptimos en el periodo comprendido de las 7:00 hasta 9:00 horas de la mañana con temperatura de 24 °C, como condición óptima para la liberación de parasitoides (Laranjeira 2019).

De esta manera se realizaron evaluaciones en el parasitoide *Cotesia flavipes* y su exposición a diferentes temperaturas. Tras el manejo de densidades de 2000 parasitoides los cuales eran contenidos en recipientes plásticos debidamente sellados y con ventilación para la circulación, los parasitoides seleccionados fueron expuestos a temperaturas de 30 °C, 31 °C, 32 °C, hasta 35 °C con resultados en los cuales se pudo identificar como temperatura máxima 35 °C, con muerte del 95 % de parasitoides y nula motricidad en los

insectos. Temperaturas inferiores a los 33 °C indicaron motricidad moderada de los insectos y 0 % de mortalidad (departamento técnico agrícola, 2019).

b. Transporte del insecto

Parte de las mejoras en el manejo y liberación de parasitoides, tuvo como objetivo el desarrollo de una nueva metodología en la entrega de biorreguladores para lo cual la unidad de producción a cargo del equipo técnico de parasitoides lidero la construcción de una caja hermética movible con la capacidad de contener hasta 500 vasos de liberación en su interior.

Dicho contenedor metálico presento dimensiones de 1.5 m de largo y 1 m de ancho, en la cual eran transportados los insectos junto con hielo seco, manteniendo temperaturas cercanas a los 20 °C, permitiendo así que los parasitoides fueran movilizados sin la exposición a fuertes corrientes de viento y una moderada temperatura, ya que al momento de ser liberados en campo eran estimulados por el cambio de temperatura, aumentando así sus capacidades motrices.

c. Mortalidad del insecto

El laboratorio de parasitoides dentro de la metodología de trabajo que realiza para la producción del parastioide *Cotesia flavipes,* hace la entrega de parasitoides con dos días de emergencia, copulados y con alimento en cada contenedor a partir de una solución de miel al 10 %.

Durante monitoreos eventuales a lotes de parasitoides próximos a ser liberados, eran seleccionadas muestras aleatorias en donde era cuantificada la mortalidad de dichos parasitoides, evidenciando de esta manera que los parasitoides al estar confinados dentro

de un vaso de liberación y el progreso de los días, afectaba seriamente la mortalidad del insecto, con mortalidades de hasta el 50 % por día.

A continuación, dada la figura 43 se detalla los efectos sobre los cuales incurría el proyecto de parasitoides tras verse afecto alguno del proceso en la cadena de transporte y manejo de *Cotesia flavipes.*

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 43. Reducción de la sobrevivencia del parasitoide al momento de su liberación en campo.

d. Metodología de liberación

El periodo de liberación de parasitoides 2019 en el Ingenio Santa Ana, conllevo al desarrollo de dos metodologías para el establecimiento de los biorreguladores en campo, siendo estas: La liberación con pasos y la liberación georreferenciada.

i. Liberación georreferenciada

Esta metodología era realizada mediante mapas y puntos de posicionamiento con coordenadas geográficas específicas. Las fincas seleccionadas para la liberación de parasitoides cuentan con mapas de ubicación, a estos mapas eran adicionados puntos específicos sobre los cuales se realizaba el posicionamiento de un vaso de liberación. La cantidad de vasos era considerada a partir de los siguientes factores: densidad de la plaga larvas/ha y área del lote m^2.

ii. Liberación con pasos

La liberación con pasos tiene como objetivo el establecimiento de vasos de liberación de manera homogénea dentro de un lote en caso de no contar con coordenadas específicas para la liberación del insecto.

Para el desarrollo de esta metodología se debe considerar los siguientes elementos: centrales y laterales, área del lote m^2, distanciamiento entre surco, densidad de la plaga larvas/ha y paso del liberador (No. pasos por metro).

A continuación, en la figura 44 se ejemplifica la forma en la que eran colocados los vasos de liberación de acuerdo a los puntos de posicionamiento, los cuales eran debidamente identificados y medidos con base a las dimensiones del lote, área m^2.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 44. Liberación del parasitoide *Cotesia flavipes,* para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(D. crambidoides).*

iii. Laterales y centrales

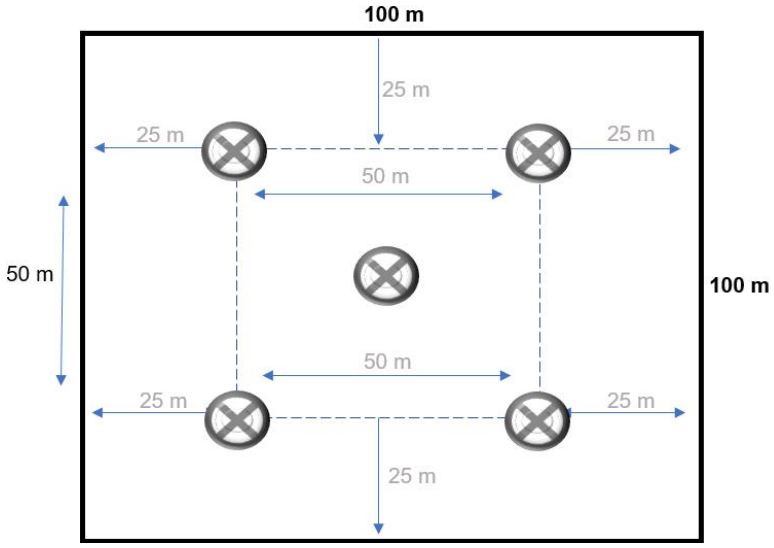
Al hablar de laterales y centrales se hace la referencia a surcos sobre los cuales se trabajará para el posicionamiento de los vasos de liberación. Estos surcos se diferencian por el número de vasos que irán ubicados en cada uno de ellos, así como el distanciamiento que será utilizado entre cada punto (departamento técnico agrícola, 2019).

Comúnmente se inicia la liberación de parasitoides con un surco lateral y posteriormente uno central, para luego iniciar de la misma forma hasta cumplir con la totalidad del lote. El distanciamiento que se use tanto para surcos laterales como centrales será sujeto al número de puntos de liberación por hectárea que se desee implementar (departamento técnico agrícola, 2019).

iv. Distanciamiento entre puntos

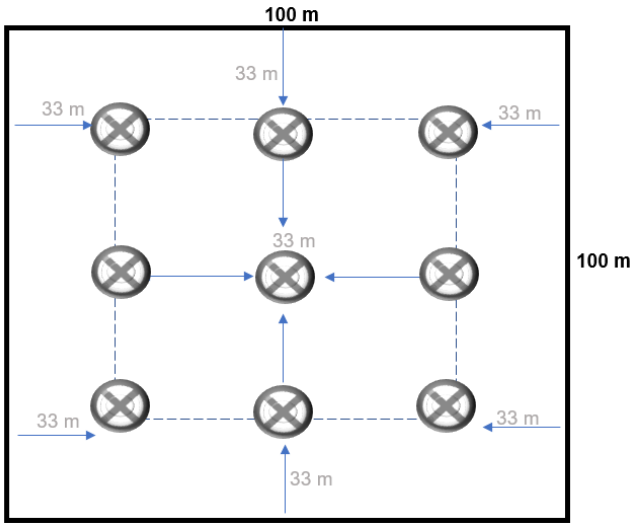
El distanciamiento estará dado por el número de puntos de liberación que se proponga implementar. Los distanciamientos fijados son definidos con base un área de una hectárea, cuyas dimensiones son 100 m x 100 m, ubicando equidistantemente cada punto de manera que se distribuyan homogéneamente en el cuadrante abarcando la totalidad del mismo; es así como la metodología de 5 puntos de liberación cuenta con distancias de 25 m x 50 m, 9 puntos por hectárea distanciamientos de 33 m x 33 m, 12 puntos por hectárea con 16.5m x 33 m y 16 puntos por hectárea 12.5 m x 25 m (departamento técnico agrícola, 2019).

A continuación, en la figura 45, 46, 47 y 48, se detalla la diagramación específica correspondiente a la metodología de liberación con pasos y las diferentes distancias manejadas con base a la cantidad de puntos:



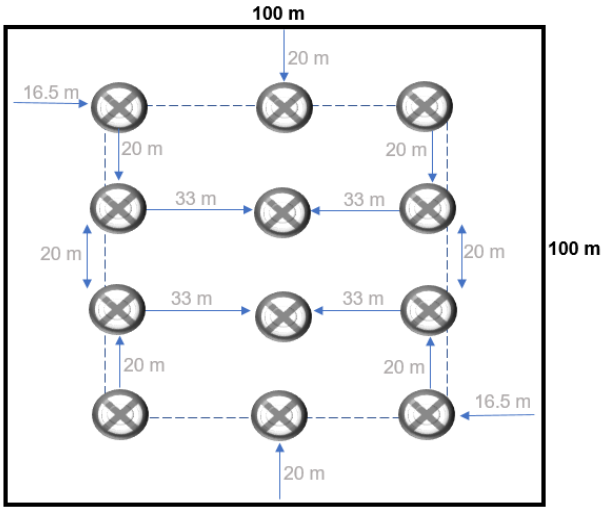
Fuente: departamento técnico agrícola, 2019.

Figura 45. Diagramación sobre puntos de liberación de parasitoides para una metodología de cinco puntos por hectárea de caña.



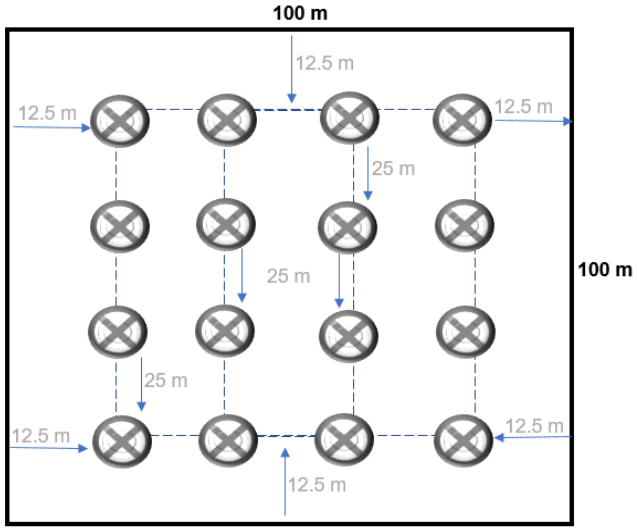
Fuente: departamento técnico agrícola 2019.

Figura 46. Diagramación sobre puntos de liberación de parasitoides para una metodología de nueve puntos por hectárea de caña.



Fuente: departamento técnico agrícola, 2019.

Figura 47. Diagramación sobre puntos de liberación de parasitoides para una metodología de doce puntos por hectárea de caña.



Fuente: departamento técnico agrícola, 2019.

Figura 48. Diagramación sobre puntos de liberación de parasitoides para una metodología de doce puntos por hectárea de caña.

A continuación, se ejemplificará un caso de liberación con pasos basada en la liberación de 5 puntos por hectárea:

1. Paso de liberador

Se debe calibrar el equipo de liberación, se establece un distanciamiento y se debe contar la cantidad de pasos que se logran por cada metro que se recorre (No. pasos por metro lineal) (departamento técnico agrícola, 2019).

2. Distanciamiento entre surco

En el cultivo de caña de azúcar en Guatemala se manejan distanciamientos de 1.5m, 1.6m y 1.8m.

3. Cantidad de vasos por área de liberación

El número de vasos a implementar se determina a partir del número de puntos de liberación 5 puntos/ha, 9 puntos/ha, 12 puntos/a y 16 puntos/ha y el área total del lote. Se multiplica el área por el número de puntos a utilizar (departamento técnico agrícola, 2019).

Tal y como se evidencio en la figura 3, basado en una liberación de 5 puntos/ha se debe de cumplir con distanciamiento de 25 m x 50 m. Estas longitudes en campo son medidas con base al paso del liberador el cual se encuentra previamente calibrado y adicional se debe considerar el distanciamiento entre surco, para la elección de los surcos sobre los cuales se liberará.

Asumiendo un caso hipotético que un liberador cuenta con un paso de 0.7 pasos/m, para cumplir con las distancias fijadas este deberá de dar 35 pasos para abarcar 25 m y 70 pasos para 50 m. También se trabajará con un área que cuenta con un distanciamiento entre surco de 1.8 m, por lo que se mide la longitud entre lateral y central para luego dividirlo por el

distanciamiento de siembra y así obtener el número de surcos que se deberá de avanzar para iniciar con la liberación.

De manera que, al momento de iniciar con el lote, el liberador deberá de contabilizar 13 surcos para iniciar con la primera línea de liberación sobre un surco lateral, al momento de ingresar en el surco el liberador dará 35 pasos hacia el frente depositando el primer vaso de liberación en dicho punto, posteriormente deberá de avanzar 70 pasos cubriendo el distanciamiento de los 50 m y depositando el segundo vaso de liberación, esto se realizará de manera constante 70 pasos hasta culminar con el largo del surco.

Al salir del lateral o surco inicial se deberá de contar el número de surcos correspondientes al distanciamiento que existe entre un surco lateral y central para de nuevo realizar un ingreso. Basado en la liberación de 5 puntos/ha el distanciamiento existente entre un surco lateral y un central es de 50 m por lo que el liberador en esta situación en particular para realizar su segundo ingreso deberá de contabilizar 27 surcos, tomando como referencia el distanciamiento de 1.8 m e ingresar nuevamente.

Una vez ubicada la persona sobre el surco central el liberador caminará 50 m o 70 pasos, hacia el frente de manera que el primer punto de liberación de ese surco quede ubicado de manera intermedia respecto al surco anterior, seguido se deberá abarcar 7 5 m o 107 pasos para el posicionamiento del segundo vaso de liberación. El resto del surco será trabajado por el distanciamiento de 107 pasos de manera que queden 75 m entre cada vaso liberado y alternado respecto al surco lateral.

3.5.3. RESULTADOS

A. Identificación del manejo y traslado de parasitoides para su correcta liberación en campo

Parte del nuevo desarrollo en materia de liberación comprendió los desafíos de establecer liberaciones geo posicionadas, luego de manejar una cadena de frio para el traslado y entrega de parasitoides. Los gráficos que a continuación se presentan son la sumatoria del área de influencia que fue ejecutada para el proceso de liberación de parasitoides en el año 2019. Teniendo éxito, en las diferentes fincas y regiones, ascendiendo a un porcentaje mayor al 5% tras la implementación de estas nuevas normativas y metodologías de liberación.

Elementos importantes son tomados en cuanta previo al establecimiento de los biorreguladores en campo, como lo es el área de liberación, se debe determinar los millares de parasitoides que serán ubicados en el lote con base al número de puntos de liberación que se desee implementar, adicional a la densidad de la plaga en dicho lote, información obtenida a partir de previos muestreos. Se suele realizar el desarrollo de una liberación comercial basado en el posicionamiento de 5, 9, 12 y 16 puntos por hectárea; esto bajo la metodología de liberación con pasos.

A continuación, en la figura 49, 50 y 51, se presenta información específica sobre áreas en las cuales fue ejecutada la liberación de parasitoides, millares liberados, como también resultados de parasitismos de campo.

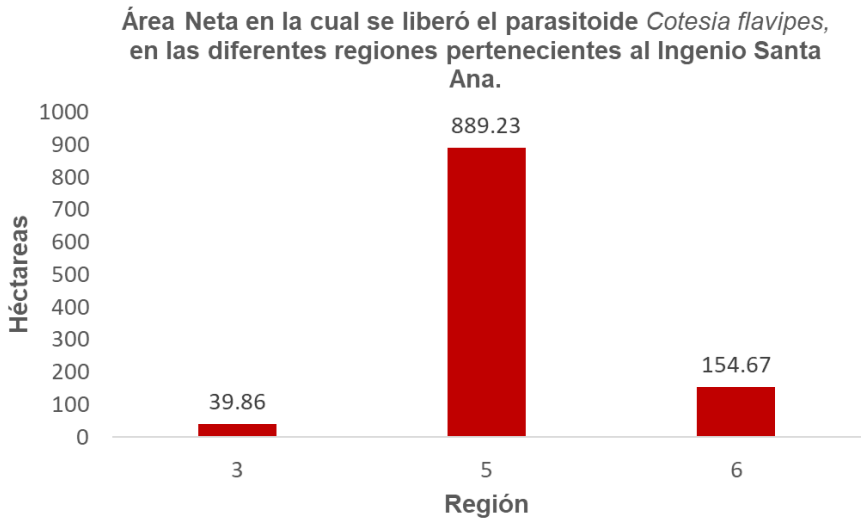


Figura 49. Regiones trabajadas mediante la liberación de parasitoides para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(D. crambidoides),* área neta. ingenio Santa Ana, departamento de Escuintla, 2019.

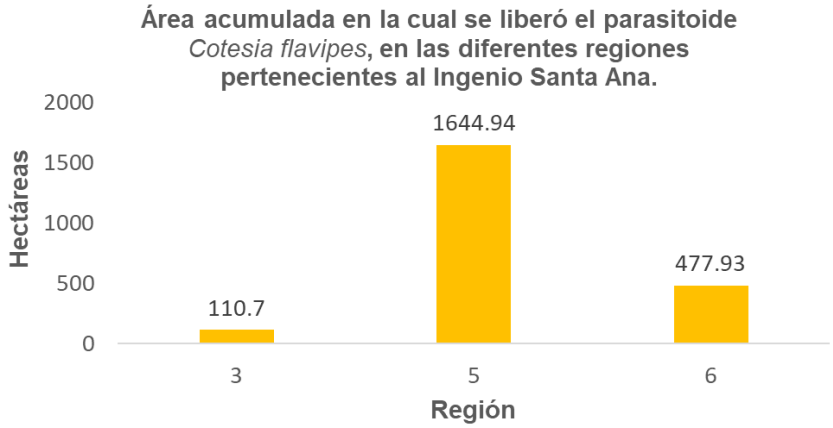


Figura 50. Regiones trabajadas mediante la liberación de parasitoides para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar *(D. crambidoides)*, área acumulada. ingenio Santa Ana, departamento de Escuintla, 2019.

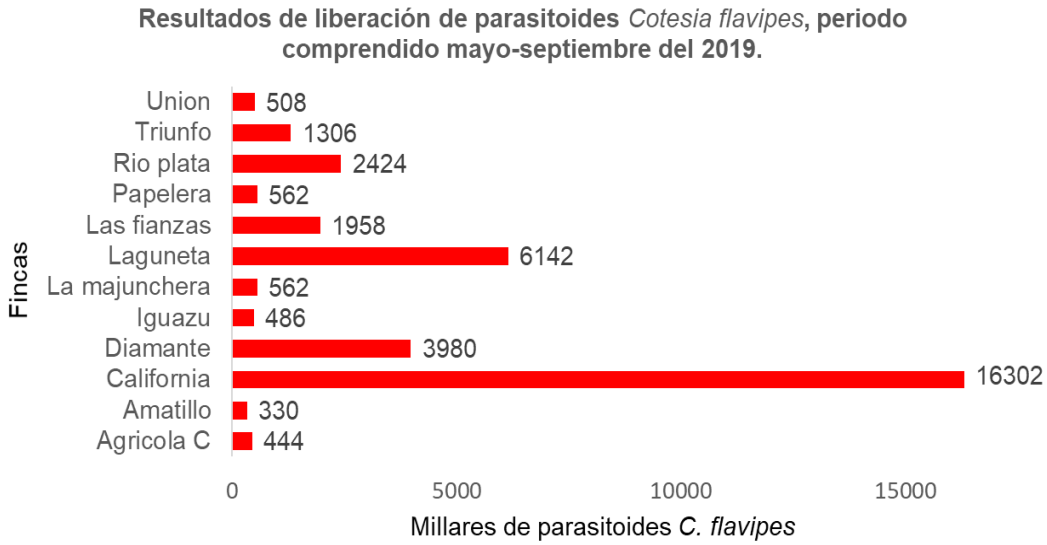


Figura 51. Fincas trabajadas con liberación de parasitoides para el control del barrenador del tallo de la caña de azúcar (D. crambidoides), millares liberados. ingenio Santa Ana, departamento de Escuintla, 2019.

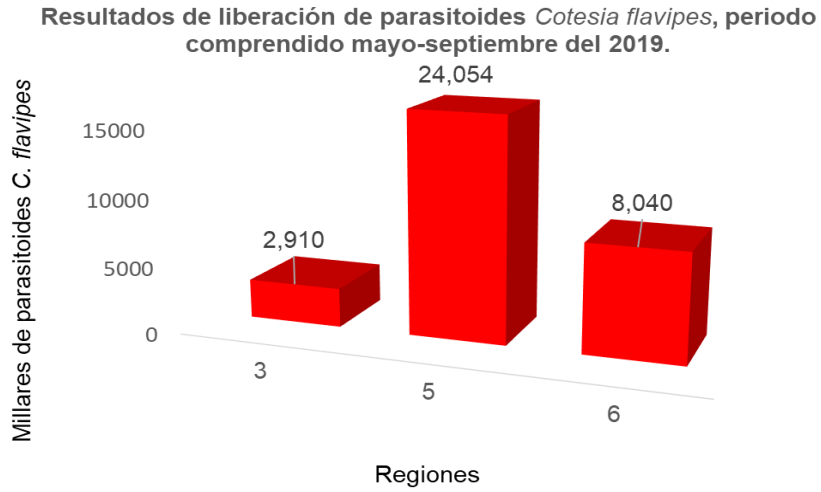
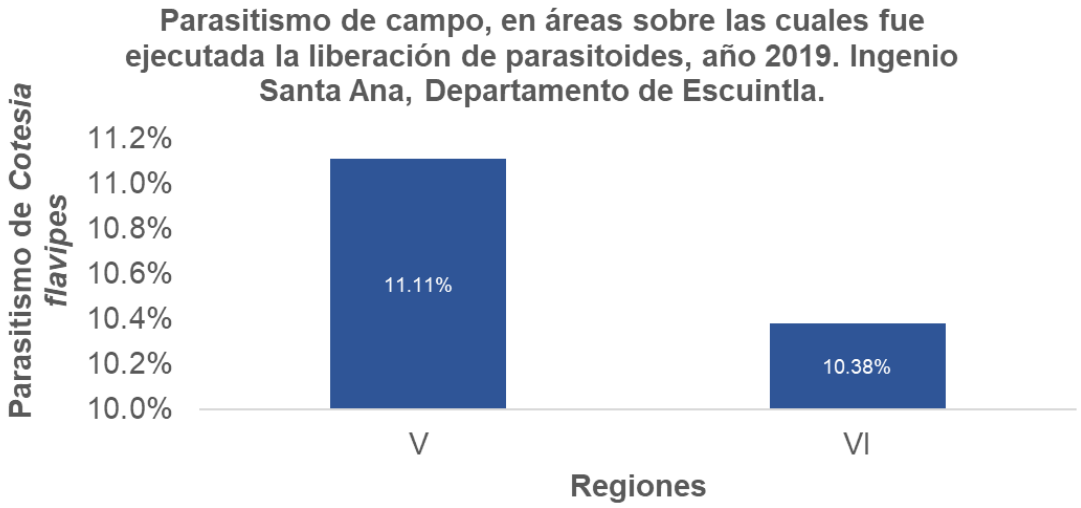


Figura 52. Millares de parasitoides liberados en las diferentes regiones pertenecientes al ingenio Santa Ana, 2019.



Fuente: departamento técnico Agrícola, 2020.

Figura 53. Resultados parasitismos de campo, para el control de barrenador del tallo de la caña de azúcar *(D. crambidoides),* periodo de liberaciones del año 2019, regiones cinco y seis pertenecientes al Ingenio Santa Ana, Departamento de Escuintla.

El biorregulador *Cotesia flavipes* es un endoparasitoide, el cual parasita larvas de lepidópteros tal y como el caso de *Diatraea spp*, plaga de importancia económica en el cultivo de la caña de azúcar. El ingenio Santa Ana realiza programas de manejo integrado de plagas para el control de este insecto, donde produce a gran escala y ejecuta posteriormente la liberación de parasitoides, sobre áreas afectadas por la presencia del barrenador del tallo *(D. carmbidoies).* El año 2019 el programa de liberación de parasitoides tuvo dos técnicas de desarrollo, las cuales fueron: liberación con pasos, la cual predomino y la liberación con puntos georreferenciados mediante mapas.

El área donde fue realizada la liberación del parasitoide *Cotesia flavipes*, presento para el año 2020 a partir de la labor de entresaqué cocones de campo o puparios, con lo cual se alcanzó 11 % de parasitismo en la región V y 10.38 % en región VI, ambas pertenecientes al Ingenio Santa Ana. Con esto se puede observar que existe material de vida libre establecido en el cultivo realizando control biológico natural a partir de las liberaciones previas que fueron ejecutadas durante el periodo del año 2019 y años anteriores.

B. Condiciones ambientales para el manejo y entrega de parasitoides en campo

El manejo para la liberación de parasitoides debe ser acondicionado a los requerimientos de: parasitoides copulados y alimentados con dos días de emergencia, sin exposición al calor durante el traslado a campo, nula incidencia de viento. Al garantizar estos requerimientos los parasitoides al ser liberados en campo contarán con una rápida respuesta ante el estímulo por la variante de temperaturas, garantizando su acción y búsqueda de un posible hospedero para realizar su parasitación.

Para el control del barrenador de la caña de azúcar *(Diatraea spp)*, se deben ejecutar la liberación de parasitoides en periodos de moderada intensidad solar, donde las temperaturas sean menores a los 33 °C, puesto que a mayores temperaturas la motricidad y acción de los insectos se ve interrumpida.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

1. Agroactivo; Colombia. (2020). *Cotesia flavipes*. https://agroactivocol.com/producto/sanidad-vegetal/insecticidas- biologicos/parasitoides-insecticidas-biologicos/cotesia-flavipes/

2. Ali Mahmoud, A. M. 2011. *El parasitismo de Cotesia flavipes induce inmunosupresión e incrementa la susceptibilidad de Diatraea saccharalis a Bacillus thuriengiens.* (Tesis Ph.D., Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada: Tamaulipas, México). 144 p. https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/11870/1/Dr.%20Ali%20PhD%20thes is%20spanish.pdf

3. Astola Mariscal, S & Narrea Cango, M. 2019. Biología y comportamiento de *Cotesia flavipes Cameron* (Braconidae) parasitoide de *Diatraea saccharalis Fabricius* (Crambidae). *Ecología Aplicada*, 8(1). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162019000100009&script=sci_arttext

4. Badilla Fernández, F. 2006. *Alternativas novedosas para el control del barrenador (Diatraea spp.) en Guatemala*. Guatemala: Bioasesoría Internacional. https://www.atagua.org/web2/wp-content/uploads/2015/09/B-Estrategias- novedosas-para-el-control-del-barrenador.pdf

5. Carollo Limeres, M. C. (2011-2012). *Regresión lineal simple*. España: Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Estadistica e Investigación Operativa. 31 p. http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP- DPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_%20simple_2011_12.pdf

6. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador, Ecuador (CINCAE). (2013). *Barrenador del tallo: Diatraea saccharalis (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Pyralidae)* . Ecuador. (16 p.). http://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de- plagas/barrenador-del-tallo/

7. Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, Guatemala. (2019a). Bienvenidos a nuestro espacio. https://www.santaana.com.gt/web/guest/inicio

8. Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, Guatemala, Departamento Técnico Agrícola, Guatemala. (2019b). *Manejo integrado de plagas: Programas de control biológico*. Escuintla, Guatemala.

9. Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, Guatemala, Departamento Técnico Agrícola, Guatemala. (2020). *Manejo integrado de plagas: Resultados de parasitismo.* Escuintla, Guatemala.

10. Duarte Camorlinga, A. B. 2017. *E*xperiencias con el uso de mip en el control de barrenador del tallo *(Diatraea spp.) de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.; Poaceae),* y su beneficio económico, en finca San José Palmeras, Ingenio Santa Ana, Siquinal*á,* Escuintla, 2007 al 2010. Tesis Ing. Agr. Gatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 78 p. http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuente/TESIS/2018/06/17/Duarte- Antony.pdf

11. Ferrer, F., & Salazar, J. (1977). Avances sobre la produccion de parásitos a partir de huéspedes criados con dietas artificiales*. In Seminario nacional sobre el problema de los taladradores de la caña de azúcar (Diatraea spp.).* Memorias. Barquisimeto, Venezuela, s.e. p. 123-132.

12. Gaviria M, J. D. (1981). *Importancia del control biologico del gusano barrenador de la caña de azúcar (Diatraea saccharalis Fabricious).* Antoquia, Colombia: Gobernación de Antioquía, Secretaría de Agricultura y Fomento. (8 p.). (Compendio no. 42). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/30302/21049_414. p df?sequence=1&isAllowed=y

13. Laboratorio Biocol, Colombia. (s.f.). *Cotesia flavipes (Hymenoptera: Braconidae).* http://laboratoriosbiocol.com/cotesia-flavipes/

14. Laranjeira Rôdas, P., Nonato de Oliveira, H., Glaeser, D. F. (2019). Liberación del parasitoide *Cotesia flavipes* (Hymnoptera: Braconidae) en *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) en una plantación de caña de azúcar. InterCiencia, 45(3), 287-290. https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2019/06/287_6304_Com_Rodas_v44n5.pdf

15. Márquez, J. M. 2018. *Caracteristicas de la reacción de potenciales variedades al barrenador del tallo (Diatraea crambidoides) en seis ensayos del programa de variedades*. Guatemala: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitacion de la Caña de Azúcar, Boletín Cañamip no. 22, 1-5. https://cengicana.org/files/20190104115406202.pdf

16. Melendéz Garcia, C. (2015). *Generalidades del insecto Aprostocetus esurus (Hymenoptera: Euphidae: Tetrastichinae) como parasitoide de crisalidas de insectos lepidopteros.* Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala. (15 p.)

17. Miranda, I. (2014). Modelación matemática de la dinámica de poblaciones: Desarrollo histórico y uso práctico en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 29(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522014000300001Morales Molina, M.d A. (2008). *Evaluación de cuatro parasitoides para el control de dos especies de barrenadores (Diatraea saccharalis y Diatraea crambidoides) en caña de azúcar a nivel de laboratorio.* (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala). http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2355.pdf

18. Partal Garcia, D. (2015). *Discusión de sistemas por el método Gauss: Metodo Gauus.* Granada, España: Colegio Marista “La Inmaculada” de Granada. (9 p.). http://danipartal.net/pdf/2bachTema6Teoria02.pdf

19. Paz Fong, P. D. (2010). *Determinación del coeficiente de uniformidad en los sistemas de riego por pivotes en caña de azúcar (Saccharum officinarum) y servicios prestados en la finca Bolivia del Ingenio Santa Ana.* (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala). http://www.repositorio.usac.edu.gt/7048/1/T-02862.pdf

20. Peq Hernández, M. M. (2015). *Preferencia de parasitismo de Cotesia flavipes Cameron (Hymenoptera: Braconidae), sobre diferentes instares de Diatraea crambidoides Grote (Lepidoptera: Crambidae). Diagnóstico y servicios realizados en Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A.* (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala). http://www.repositorio.usac.edu.gt/2331/1/Trabajo%20%20de%20Graduacion%20%20Marvin%20Pec%20Hernandez%202.00yyy.pdf

21. Salazar, J.; Oviedo, R.; Saénz C. 2000. *Resultados obtenidos para el control biologico del barrenador común del tallo Diatraea spp. (Lep: crambidae) en Costa Rica*. Costa Rica: Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA- LAICA). https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/lAylMTPJOIoTtVjDknUjVdMEevMtnIXG

22. *Sistema de ecuaciones lineales. Metodo Gauss*. (2010). http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/11001762/helvia/sitio/upload/Sistemas_de_Ecuaciones_lineales._Metodo_de_ Gauss.pdf

TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN
FAUSAC
REVISIÓN
Rolando Barrios