

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE RECIPIENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE ADULTOS
DEL GUSANO BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*) EN LABORATORIO; INGENIO SANTA ANA
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

RAUL ENRIQUE GANUZA TUNA
CARNET 10589-12

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2018
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE RECIPIENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE ADULTOS
DEL GUSANO BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*) EN LABORATORIO; INGENIO SANTA ANA
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

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

POR
RAUL ENRIQUE GANUZA TUNA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2018
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN
LIC. RONALDO ALBERTO PÉREZ QUAN

Guatemala, Noviembre 2018

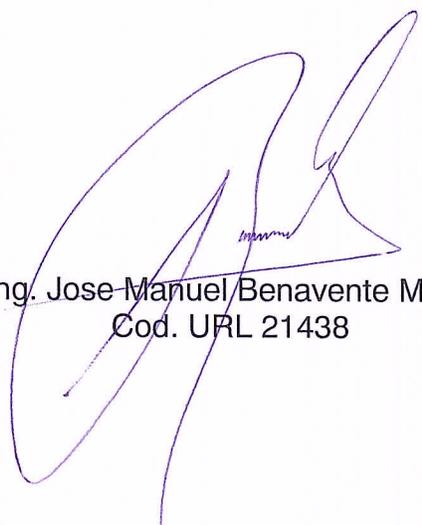
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Señores Miembros del Consejo

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de Sistematización de Práctica Profesional de Raúl Enrique Ganuza Tuna, carnet 1058912, titulado: "PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE RECIPIENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE ADULTOS DEL GUSANO BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*) EN LABORATORIO; INGENIO SANTA ANA"

Considero que el trabajo que cumple con los requisitos establecidos por facultad para que pueda serle otorgada la orden de impresión.

Atentamente,



Ing. Jose Manuel Benavente Mejía
Cod. URL 21438



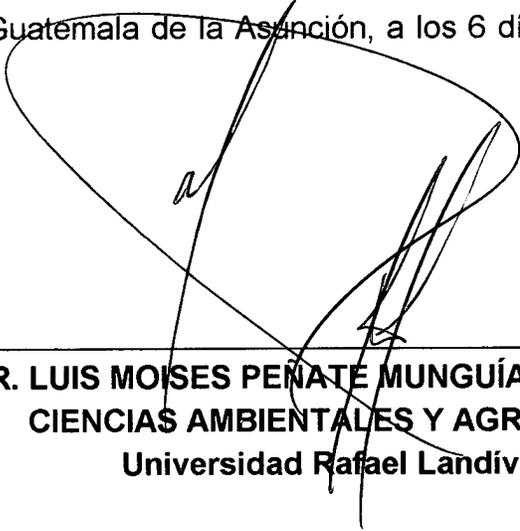
Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante RAUL ENRIQUE GANUZA TUNA, Carnet 10589-12 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06166-2018 de fecha 5 de noviembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE RECIPIENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE ADULTOS DEL GUSANO BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*) EN LABORATORIO; INGENIO SANTA ANA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 6 días del mes de noviembre del año 2018.



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

AGRADECIMIENTOS

A

- Santa Virgen María: Por ser la madre que intercede por nosotros y cuida de mí en cada momento.
- Mis padres: Gracias al apoyo brindado me han permitido llegar hasta este punto de mi vida la confianza, el amor y comprensión brindado, gracias por haberme dejado la mejor herencia que es ser profesional.
- Universidad Rafael Landívar: Por ser la casa de estudios que me albergo el tiempo que duro mi carrera. Por darme las herramientas para ser un buen profesional.
- Ingenio Santa Ana: Por ser la empresa donde realice mis prácticas profesionales.
- Mi Asesor:
Ing. Ag. José Manuel Benavente Mejía Por su apoyo incondicional, disponibilidad, consejos, conocimientos brindados y la paciencia. Muchas gracias.
- Catedráticos: Gracias por los conocimientos brindados y la responsabilidad transmitida de su parte: Ing. Luis Peña, Ing. Julio García, Licda. Cristina Bailey, Ing. Luis Aguirre, Licda. Pilar Negreros, Ing. Luis Calderón, Ing. Walter Mayen, Ing. Edgar Martínez, Ing. Gustavo Méndez, Ing. Danilo Lemus, Señor Nelly, Señor Chiky, Señor Milsa, Prof. Esteban, Prof. Hugo, Prof. Alex. Muchas gracias.
- Pilar Solorzano y Francisco Arévalo: Por ser más que primos, por ser siempre mis buenos y fieles AMIGOS.
- Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

DEDICATORIA

A

- Dios (Padre): Quién siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice. Por su sabiduría, orden, prudencia, paciencia que me brinda.
- Jesús (hijo): Quien dio su vida para que nosotros seamos libres del pecado y creamos en Dios (padre) nuestro señor y creador. Gracias Virgen María, San José, San Pedro, San miguel arcángel, Virgen de Guadalupe todos los Santos y Santas de Dios que interceden por nosotros.
- Mis padres: Raúl Enrique Ganuza Aguirre y Brenda Tuna de Ganuza por guiarme por el buen camino y siendo un ejemplo a seguir y brindarme la oportunidad de alcanzar las que se me presentan en la vida.
- Mis abuelos: (QEPD) Raúl Ganuza Corado y Benigno Tuna Veliz por sus enseñanzas, amor, a quien les debo el amor al trabajo de campo el amor a la tierra y la naturaleza, les agradezco el tiempo que estuvieron a mi lado.
- Mis abuelitas: Dora Alicia Gallardo de Tuna y María de Jesus Aguirre de Ganuza (QEPD) por los consejos, enseñanzas, cariño y amor brindado.
- Mis Tíos y Tías: Por su cariño, apoyo incondicional y su amistad.
- Mis Catedráticos y Catedráticas: Gracias por ayudarme en mi formación profesional, por los conocimientos que me han brindado a lo largo de mi vida estudiantil.

INDICE

Resumen	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
2.1 REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.1 Importancia de la caña de azúcar en Guatemala	5
2.1.2 Regiones sembradas por caña de azúcar en Guatemala	6
2.1.3 Principales plagas de la caña de azúcar	7
2.1.4 Barrenador de la caña <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote)	9
2.1.5 Principios de manejo integrado de plagas	14
2.1.6 Control biológico	18
2.1.7 Control autocida	19
2.1.8 Agente de control biológico	19
2.1.9 Parasitoides controladores del gusano barrenador de la caña de azúcar <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote)	20
2.1.10 Métodos para la crianza de insectos <i>Diatraea</i> spp.	22
2.1.11 Composición de las dietas de los insectos en el laboratorio	24
2.1.12 Requerimientos nutritivos para el desarrollo de los insectos	24
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA INSTITUCIÓN ANFITRIONA	27
3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA	28
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	28
3.1.1 Historia	28
3.2.2 Descripción de las diferentes salas de producción del barrenador de la caña	30
3.2.3 Acerca de la empresa	34
3.1.4 Localización de la empresa	36
3.1.5 Servicios	37
3.1.6 Organigrama	37
3.2 NECESIDAD EMPRESARIAL Y EJE DE SISTEMATIZACIÓN	38
3.3 JUSTIFICACIÓN	40
4. OBJETIVOS	42
4.1 GENERAL	42

4.2	ESPECÍFICOS	42
5	PLAN DE TRABAJO	43
5.1	PROGRAMA DESARROLLADO	43
5.2	INDICADORES DE RESULTADOS	51
5.2.1	Análisis de resultados	51
5.2.2	Diseño experimental	52
5.2.1	Modelo estadístico	52
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
6.1	CRISÁLIDAS MACHOS APTOS	53
6.2	CRISÁLIDAS HEMBRAS APTAS.....	56
6.3	CRISÁLIDAS APTAS	60
7	CONCLUSIONES	64
8	RECOMENDACIONES	65
9	BIBLIOGRAFÍA.....	66
10	ANEXOS.....	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tácticas para el control de plagas	17
Cuadro 2. Ingredientes y reactivos para la dieta.....	46
Cuadro 3. Ingredientes para la fabricación de dieta para <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote).....	47
Cuadro 4. Tratamientos y recipientes utilizados en el montaje de las pruebas.....	49
Cuadro 5. Análisis de varianza machos aptos.....	68
Cuadro 6. Análisis de la varianza machos aptos (SC tipo III).....	68
Cuadro 7. Análisis de DGC machos aptos.....	68
Cuadro 8. Análisis de varianza hembras aptas.....	69
Cuadro 9. Análisis de la varianza hembras aptas (SC tipo III).....	69
Cuadro 10. Análisis de DGC hembras aptas.....	69
Cuadro 11. Análisis de varianza crisálidas aptas.....	70
Cuadro 12. Análisis de la varianza crisálidas aptas (SC tipo III).....	70
Cuadro 13. Análisis de DGC crisálidas aptas.....	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona cañera de la costa sur de Guatemala.....	7
Figura 2. Fotografía de adultos de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote).....	12
Figura 3: Larva <i>Diatraea saccharalis</i> (Fabricius).....	13
Figura 4: Larva de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote).....	13
Figura 5. Sala de posturas de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote).....	30
Figura 6. Sala de elaboración de dieta de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote).....	31
Figura 7. Sala de desarrollo, estantes de recipientes de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote)..	32
Figura 8. Sala de selección de pie de cría de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote).....	33
Figura 9. Selección de larvas de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote) para pie de cría.....	34
Figura 10. Localización Ingenio Santa Ana.	36
Figura 11. Organigrama empresarial del Ingenio Santa Ana.....	38
Figura 12. Sexado de crisálida macho de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote).....	54
Figura 13. Curva de porcentaje de recuperación de crisálidas machos aptos por tratamientos.....	55
Figura 14. Sexado de crisálida hembra de <i>Diatraea crambidoides</i> (Grote).....	58
Figura 15. Curva de porcentaje de recuperación de crisálidas hembras aptas por tratamiento.....	59
Figura 16. Curva de porcentaje de recuperación de crisálidas aptas por tratamiento.	61
Figura 17. Caja de emergencia de crisalidas hembras y machos.....	71
Figura 18. Adultos emergidos en cajas de emergencia.....	72
Figura 19. Tubos de 16" pulgadas de oviposición de huevecillos con papel mantequilla.....	73

Figura 20. Tubos de 16"pulgadas armados con 20 hembras y 30 machos.	74
Figura 21. papeles tratados listos para el corte de posturas.....	75
Figura 22. Posturas cortadas colocadas en cajas Petri con papel filtro y sulfato de cobre.....	76
Figura 23. Batidora utilizada para la mezcla de reactivos, harinas y agar.....	77
Figura 24. Harinas autoclaveadas listas para mezclar.....	78
Figura 25. Estufa y olla utiliza para que hierva el agar.....	79
Figura 26. Vasos evaluados.....	80
Figura 27. Tratamientos en sala de desarrollo con deshumificadores y temperatura controlada.....	81
Figura 28. Dieta extraída de los vasos luego de los 35 días.....	82

PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE RECIPIENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE ADULTOS DEL GUSANO BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*) EN LABORATORIO; INGENIO SANTA ANA

Resumen

El objetivo de la Sistematización de Práctica Profesional fue participar en el proceso de producción de adultos de *Diatraea crambidoides* (Grote) evaluando 3 volúmenes de recipientes (12, 16 y 21 oz) para identificar que recipiente brindaba el mayor número de crisálidas aptas. El trabajo se realizó en el laboratorio de parasitoides del Ingenio Santa Ana, de Santa Lucia cotzumalguapa, Escuintla. Se utilizó un diseño completamente al azar con 15 tratamientos con 5 repeticiones comprendiendo 20 unidades experimentales por tratamiento. Los resultados obtenidos se evaluaron por la cantidad de crisálidas machos (aptos, deformes) por crisálidas hembras (aptas, deformes), agrupándose estos resultados en crisálidas (aptas y deformes). Se analizó por medio de ANDEVA, se utilizó como variable de clasificación los tratamientos, en el cual se albergan las cantidades de dieta y huevecillos con el que se montó la prueba. Se analizaron los datos que indicaron que se encuentra diferencia estadística, de crisálidas machos aptos, hembras aptas y crisálidas aptas (es la agrupación de crisálidas machos aptos y hembras aptas) estadísticamente se obtuvo que los recipientes de 12 y 16 oz, brindan los datos más representativos, con crisálidas con mejor estado físico y la mejor viabilidad en adultos, el recipiente de 21 oz es el menos apto para producir crisálidas, debido que brinda datos estadísticos inferiores. El mejor tratamiento en cuestiones de espacio dentro del laboratorio y económicas corresponde al recipiente de 12oz con 85g de dieta y 50 huevecillos.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento da a conocer la experiencia obtenida a través de la Práctica Profesional realizada en el Ingenio Santa Ana, ubicada en la Finca Cerritos, Escuintla. La cual se dedica a la explotación azucarera por medio de la caña de azúcar.

La caña de azúcar por lo general es un monocultivo que se siembra en áreas extensas, alterando en consecuencia el equilibrio natural. Esto permite que las plagas se desarrollen y reproduzcan, al disponer de una gran cantidad de substrato para alimentarse. (Subirós, 2000).

Las plantaciones de caña de azúcar son atacadas por diversas plagas, desde la siembra hasta el momento de la cosecha. Las plagas están presentes en toda o casi toda el área de cultivo, por lo que constantemente causan daños, entre las más perjudiciales se mencionan los barrenadores del tallo de la caña de azúcar *Diatraea* spp, estas plagas inciden de tal manera que si no se les da el manejo adecuado pueden llegar a reducir el rendimiento de la cosecha. En el caso de *Diatraea* spp presenta un factor de pérdida de 0.36kg Az/t por cada uno por ciento de entrenudos dañados (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

Esto ocurre porque los barrenadores en estado de larva penetran en el tallo y pasan allí la mayor parte de su ciclo de vida, protegidos de efectos externos adversos. Las especies de *Diatraea* spp son las plagas más dañinas del tallo de la caña de azúcar. Para una producción promedio de 90t/ha, se estima un índice de daño de 32.4kg de azúcar por hectárea/1 por ciento de entrenudos dañados. Las especies del género *Diatraea* (Lepidóptera: Pyralidae) son las de mayor importancia económica y mayor distribución geográfica en Guatemala. *Diatraea crambidoidea* (Grote) tiene una abundancia relativa del 73% en el estrato bajo y litoral, comparado con un 27% de *D. saccharalis* (Fabricius) (Márquez , 2012).

Ingenio Santa Ana como parte de la investigación de nuevos métodos de control para esta plaga en alianza con el programa MOSCAMED, está explorando la técnica del insecto estéril (TIE). Esta técnica esteriliza tanto hembras como machos, los cuales al ser liberados en el campo se cruzan con individuos silvestres por el cual el proceso de esterilización que fueron sometidos impedirá la descendencia del insecto plaga, reduciendo de esta manera las poblaciones en el campo (Ministerio de agricultura y riego, 2015).

La práctica profesional conto con los siguientes componentes: los componentes que se necesitaban evaluar para cumplir con la necesidad empresarial eran a) recipiente a utilizar b) viabilidad del recipiente para producir crisálidas sanas. El laboratorio necesita una mayor producción de adultos por recipiente, utilizan como recipiente un vaso de 12 oz con 50 huevecillos y 85 gramos de dieta, los recipientes que se encontraron vasado con lo que contaba el laboratorio con estantes y bandejas para vasos se consiguieron los vasos de 16 y 21 oz.

La importancia de evaluar recipientes con un mayor volumen del que se utiliza en el laboratorio es analizar cual recipiente produce el mayor número de crisálidas. Los vasos contenían dentro dieta artificial como fuente de alimento y también contienen una masa de huevecillos que se les denomina posturas. La especie *Diatraea crambidoides* (Grote) son insectos que presentan transformación completa denominada holometábola, por lo que estos insectos necesitan de una fuente de alimento en su estado larval, debido que luego de su etapa de huevo eclosionan y se transforman en larvas en este periodo las larvas necesitan alimentarse para poder cumplir con su requerimiento nutricional y poder estar aptas para su transformación a crisálidas que luego se transformaran en adultos.

Otro método implementado es el control biológico, el cual consiste en la producción de parasitoides *Cotesia flavipes* (Cameron) y *Aprostocetus esurus* (Riley) estos por el momento se mantiene su pie de cría en el laboratorio.

En el laboratorio de parasitoides tiene como objetivo producir crisálidas del barrenador *Diatraea crambidoides* (Grote) estos se producen en masa para luego ser mandados a irradiar en la fase de crisálida. Estas crisálidas son llevadas a la planta de MOSCAMED las crisálidas son transportadas por vehículos pertenecientes a MOSCAMED, las crisálidas tanto hembras y machos son introducidas a un irradiador denominado Shepherd que tiene una capacidad de 5 bolsas de 16 litros, los 16 litros comprenden 1 millón de crisálidas.

Dentro del irradiador bajan unos rodos de cobalto que son los que les brindan la irradiación a las crisálidas. En el caso de los machos irradiados los hijos que procrean estos machos son 100% estériles y así ayuda a reducir la población. Para el caso de las hembras estas logran copular con los machos, pero los huevecillos que ovipositen son infértiles. Por lo que es de importante para el laboratorio tener una buena cantidad de adultos para su posterior liberación al campo de cultivo.

Con la ayuda de la encargada del laboratorio de parasitoides del Ingenio Santa Ana se estimó la cantidad de dieta y huevecillos por tratamiento de los distintos vasos.

Tratamientos	Volumen del vaso	Dieta (gramos)	huevecillos
T1 Testigo	12oz	85	50
T2	12oz	106.25	63
T3	12oz	127.5	75
T4	12oz	148.90	88
T5	12oz	170	100
T6	16oz	113.30	67
T7	16oz	141.66	84
T8	16oz	170	101
T9	16oz	198.32	117
T10	16oz	226.66	134
T11	21oz	148.75	88
T12	21oz	185.93	110
T13	21oz	223.11	132
T14	21oz	260.29	154
T15	21oz	297.5	176

En el lapso del tiempo de la sistematización de práctica profesional, se trabajó en el área de laboratorios, los cuales pertenecen a la división agrícola y servicios del Ingenio Santa Ana. Con la intervención en esta división, se contribuyó en la investigación y determinación de la densidad poblacional de *Diatraea crambidoides* (Grote).

2. ANTECEDENTES

2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.1 Importancia de la caña de azúcar en Guatemala

La caña de azúcar comenzó a cultivarse en Guatemala en 1536, los primeros trapiches de Guatemala se fundaron en el valle central de Guatemala y en el valle de Salamá durante el siglo XVI (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

En 1957 se fundó la Asociación de Azucareros de Guatemala ASAZGUA y en 1960 Guatemala recibió su primera cuota de Estados Unidos, en ese tiempo la producción total de azúcar de Guatemala fue de 68,000 toneladas métricas. Para la historia moderna de la caña de azúcar se toma como punto de partida el año de 1960, en el mundo la era industrial estaba muy desarrollada y se avizoraban cambios en la dinámica mundial, fue entonces que los ingenios azucareros definieron su estrategia de modernización y crecimiento (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

ASAZGUA creó el Departamento de Experimentación Agrícola en 1974 y el ingenio Pantaleón en 1978 principió a desarrollar trabajos de investigación. Posteriormente lo hicieron los ingenios Santa Ana, Concepción y La Unión (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

A partir de 1990 la Agroindustria guatemalteca Azucarera comienza a posicionarse a nivel mundial, se ubica entre los diez países más importantes en volúmenes de exportación, según la International Sugar Organization (ISO) y en productividad según la LMC International, donde Guatemala ocupa el tercer lugar a nivel mundial (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

La agroindustria Azucarera Guatemalteca ha venido creciendo permanentemente desde 1960 hasta llegar a ubicar a Guatemala como:

El quinto país exportador de azúcar a nivel mundial, el segundo en Latinoamérica y el tercer lugar en productividad (toneladas métricas de azúcar/ha) a nivel mundial (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

En Guatemala la industria azucarera genera aproximadamente 250 mil empleos entre directos e indirectos. Es la principal fuente de ingresos para unos 22mil cortadores y 15 mil más entre operarios de maquinaria, transportistas, técnicos y jornaleros (Franco Herrarte, 2015).

Según (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012), el azúcar es el segundo producto agrícola en Guatemala en generación de divisas, constituyéndose en una importante contribución a la economía nacional.

2.1.2 Regiones sembradas por caña de azúcar en Guatemala

La región cañera, productora de azúcar de Guatemala, se localiza en la vertiente del Océano Pacífico, en los departamentos de Guatemala, Santa Rosa, Escuintla y Suchitepéquez, a lo largo de la planicie costera; de norte a sur, comienza en las estribaciones de la Sierra Madre a unos 4,000 pies y se extiende hasta cerca del litoral a unos 152.4 metros sobre el nivel del mar (Flores, 1980).

Las zonas geográficas sembradas por caña se dividen por regiones que las comprenden los siguientes lugares:

Región I: Barberena, Cuilapa y Escuintla.

Región II: Torolita, Coyolate, Tiquisate, Ixtán, Suchitepéquez, Mazatenango, Chocóla, Cuyotenango, Retalhuleu,

La mayor parte de la superficie agrícola los departamentos de Escuintla y Suchitepéquez que se cultivan con café, caña de azúcar, maíz y gramíneas esenciales, se localizan en la faja del Declive del Pacífico donde predominan más de 10 series de suelos (Flores, 1980) (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de la zona cañera de la costa sur de Guatemala (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

2.1.3 Principales plagas de la caña de azúcar

Para el ingenio santa Ana son tres las principales plagas que afectan la caña de azúcar en las cuales son:

a) Chinche salivosa

Aeneolamia postica (Walker) y *Prosapia simulans* (Walker) son las especies de importancia en el cultivo de caña de azúcar, con el 96 y 4 % de abundancia respectivamente (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012). Es un insecto con aparato bucal picador-chupador, que se alimenta del xilema de una gran variedad de gramíneas eotropicales y cuya infestación de caña de azúcar se repite cada año con los huevos depositados en el suelo, del ciclo anterior. Estos huevos dan origen a la primera generación de ninfas en la estación lluviosa, y de ahí surgen varias generaciones de adultos cuyos huevos ya no tienen diapausa y eclosionan en 15 días, lo que aumenta la densidad poblacional en el campo (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

Tanto ninfas como adultos utilizan su estilete para elaborar túneles de alimentación, que finalizan en los elementos del xilema (Wells, 2001).

b) Rata

Sigmodon hispidus (Say and Ord) es la especie predominante de ratas en la región cañera tropical de Guatemala, con un 93% de abundancia, comparada con la ocurrencia de otros géneros como: *Peromyscus*, *heteromys*, *Liomys* y *Oryzomys*. Su distribución se asocia con grandes áreas de pastizal riberas de los ríos, áreas baldías y de cultivos como maíz, arroz, sorgo y caña de azúcar. La población de *Sigmodon hispidus* (Say and Ord) se incrementa debido a la alta capacidad reproductiva, expresada por sus ciclos poliéstricos continuos en la hembra, un útero bicorne y la rápida madurez sexual, de 40 a 60 días de edad. El período de gestación promedio es muy corto y requiere de sólo 27 días para una camada que puede ser de 5 hasta 12 crías. La longevidad es de 3 a 5 años, pero bajo condiciones naturales del cultivo de caña, la expectativa de vida es de alrededor de 6 meses (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

2.1.4 Barrenador de la caña *Diatraea crambidoides* (Grote)

Pertenece al orden Lepidoptera, familia Pyralidae, Género *Diatraea*, Especie *Diatraea crambidoides* (Grote) (Michigan University 2014).

Los barrenadores del tallo de la caña de azúcar del género *Diatraea* se reproducen normalmente, tienen metamorfosis holometábola o completa, caracterizada por presentar su desarrollo biológico en fases diferenciadas que comprenden los estados: huevo, larva, pupa y adulto (Collazo, 1984).

Las especies del género *Diatraea* son la mayor importancia económica y mayor distribución geográfica en Guatemala. *Diatraea crambidoides* (Grote) tiene una abundancia relativa del 73 % en el estrato bajo y litoral, comparado con un 27 % de *D. saccharalis* (Fabricius) (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

La biología de las especies de *Diatraea* indica que ambas colocan huevos agregados en posturas y requieren entre 5 y 6 días para eclosionar. El período de desarrollo larval es significativamente diferente ya que en *D. saccharalis* (Fabricius) es de 21 a 23 días, en tanto que en *D. crambidoides* (Grote) se prolonga de 33 a 43 días. Es por ello que el ciclo promedio de vida se estima entre 41 y 57 días respectivamente. Las larvas de *D. saccharalis* (Fabricius) presentan el tubérculo mesotorácico dorsal alargado transversalmente y redondeado en la parte anterior, mientras que *D. crambidoides* (Grote) tiene el tubérculo mesotorácico dorsal en forma de "B" alargada, con una incisión media anterior. El período de pupa requiere de 8 a 10 días, luego emergen los adultos, que viven de 3 a 4 días en promedio, rara vez se ven los adultos en el campo, ya que son de hábitos nocturnos y voladores de poco alcance, atraídos por las luces artificiales nocturnas (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

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

en donde la larva habita la mayor parte de su ciclo. La reducción en el tonelaje parece no ser significativa, pero si en la calidad de jugo, ya que en las galerías prolifera el hongo *Colletotrichum falcatum* Went., responsable del muermo rojo que produce reducciones en los grados Brix y aumenta el porcentaje de fibra. Estudios de CENGICAÑA-CAÑAMIP indican que el factor de pérdida es de 0.36kg Azúcar/tonelada/ por cada 1% de entrenudos dañados. Para una producción promedio de 90t/ha, se estima un índice de daño de aproximadamente 32.4kg de azúcar por hectárea/1% de entrenudos dañados (Márquez , 2012).

Según Flores Cáceres (1994) el tiempo que requiere desde la ovoposición hasta que nace la palomilla es variable según la temperatura, pero durante el verano tarda de 38 a 50 días.

La actividad destructora corresponde al estado larvario, cuando el gusano está dentro del tallo; tarda de 18 a 24 días en el invierno la actividad disminuye debido a una baja de la temperatura ambiente. El control del gusano, aún con insecticidas sistémicos, resulta muy difícil porque una vez que penetra al interior del tallo cuenta con una barrera de protección formada por la corteza y la médula del tallo.

Para Flores Cáceres (1994), los daños ocasionados por esta plaga son mayores a lo que se piensa pues la caña es atacada durante todo su desarrollo, desde el trozo que se siembra hasta que la planta llega a la cosecha. Los perjuicios que ocasionan las larvas recién nacidas en el follaje son insignificantes. Las larvas cuando atacan cañas jóvenes causan la muerte de la yema apical, esto produce una coloración amarilla y casi la muerte de los verticilos internos de las hojas, es un síntoma conocido como “corazón muerto” en las cañas más antiguas. Los túneles de los barrenadores ocasionan que las puntas se mueran y se debiliten los tejidos de sostén, de tal manera que los tallos se rompen con los vientos fuertes. Los daños en el interior del tallo y en las yemas son considerables. De dos categorías:

- La primera se refiere a la destrucción que causa el gusano al efectuar galerías dentro del tallo y al perforar las yemas que han de emplearse como semilla, en cuyo caso éstas ya no germinan. Cuando las larvas atacan caña chica, la destrucción es total y dan lugar a la formación de los cogollos muertos; si la planta ya tiene canutos y el gusano penetra por la parte superior, muere el punto de crecimiento y las hojas centrales del cogollo; esto origina la germinación de las yemas dando lugar a brotes laterales y a que se detenga el crecimiento (Flores Caceres, 1994).

- El daño es quizá más perjudicial, pues se relaciona con la propagación de enfermedades que penetran por los orificios del tallo; una de ellas es el hongo causante de la pudrición roja, que produce fermentaciones que deterioran la calidad del jugo y problemas de clarificación en el proceso de fabricación del azúcar, aunque debe admitirse que las pérdidas de campo (toneladas de caña) son también dignas de consideración (Flores Caceres, 1994).

En los tallos desarrollados, las larvas construyen galerías en general, en forma longitudinal y transversal. Esto produce la quiebra de la caña, sobre todo en zonas ventosas. De esta manera, se reduce el tonelaje por área. Estas larvas estimulan también la formación de brotes laterales que afectan negativamente la acumulación de sacarosa. En forma indirecta, esta plaga facilita el ingreso de hongos como: *Colletotrichum falcatum* Went. y *Fusarium moniliforme* Sheldon., causantes de la pudrición roja del tallo y responsables de la inversión de sacarosa. También afectan adversamente la pureza del jugo y disminuyen el rendimiento de sacarosa y alcohol, según sea la finalidad con que se utilice la caña. Las perforaciones facilitan el ingreso de otras plagas (Subirós, 2000).

El adulto es una mariposa de hábito nocturno, tiene una longitud aproximada de los 20 a 42 mm. Las hembras son más grandes que los machos. Las alas anteriores son de una coloración amarillenta, con algunas manchas pardas, las alas posteriores son más claras. Durante el día se ocultan entre las hojas (Subirós, 2000) (Figura 2).



Figura 2. Fotografía de adultos de *Diatraea crambidoides* (Grote) (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

Las hembras colocan los huevos en el envés y en el haz de las hojas en filas yuxtapuestas. El número de cada postura varía entre 5 y 50, son de color blanco amarillento, similares a las escamas de pescado algo difíciles de ver. Cuando están parasitados adquieren una tonalidad oscura y se detectan más fácilmente. La eclosión se produce entre los 4 y 9 días después de haber puesto los huevos (Subirós, 2000).

Cuando las larvas emergen se alimentan inicialmente de las células de parénquima de las hojas, durante dos o tres días antes de penetrar al tallo. Después de la primera muda, ingresan por las yemas o por la zona de la vaina de la hoja, en la sección superior, para formar galerías internas que pueden ser transversales, longitudinales, o ambas.

La larva es de color blanco con parches oscuros en cada segmento y con un escudo protorácico marrón amarillento o rojizo estas larvas pasan por siete estadios y entre los 30 y 40 días se desarrollan completamente. Las larvas maduras pueden entrar en diapausa durante el verano (Subirós, 2000). La diferencia entre *Diatraea saccharalis* (Fabricius) y *Diatraea crambidoides* (Grote) es el tubérculo mesotorácico que se presenta a continuación (figura 3 y 4).

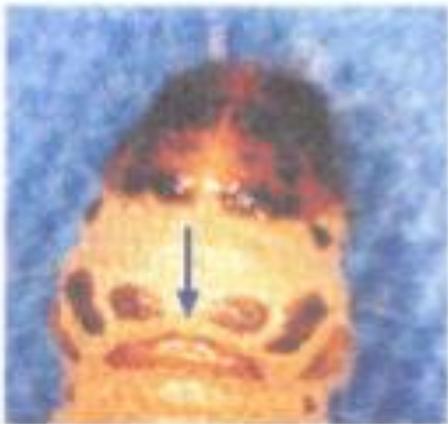


Figura 3. Larva de *Diatraea saccharalis* (Fabricius).



Figura 4. Larva de *Diatraea crambidoides* (Grote).

(Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinosa, 2012).

Pupan en una galería de alimentación en el tallo sin formar capullo y cerca del agujero de salida. Este estado dura de 7 a 14 días. La crisálida es de color marrón con dos protuberancias redondeadas. El ciclo total es de 53 a 60 días (Subirós, 2000).

Estudios sobre el desarrollo de esta plaga indican que la temperatura afecta marcadamente el ciclo biológico; la temperatura de 30°C es la más adecuada para su desarrollo en condiciones de laboratorio. El tiempo que tarda del estado de huevo a larva y a la fase de pupa es inversamente proporcional al aumento de la temperatura entre el 20 y 30 °C. La viabilidad del período huevo-larva decrece con el aumento de la temperatura entre 22 y 30°C. La viabilidad de la fase pupal o crisálida no se afecta entre los 22 y 30°C. Temperaturas mayores de 32 °C son dañinas para los insectos y a 35°C se paraliza el desarrollo (Subirós, 2000).

2.1.5 Principios de manejo integrado de plagas

Una plaga es un organismo que reduce el aprovechamiento, calidad o valor de algún recurso humano; este concepto tiene una orientación totalmente humana y carece de valor ecológico, pues algunos organismos pueden ser considerados como plagas en ciertos lugares y tiempos, y benéficos en otras circunstancias (Barrera, 1996). Así el MIP indican que no todas las plagas pueden ser malas y que no todos los daños son intolerables. En la mayoría de los casos se pueden obtener altas producciones sin necesidad de eliminar por completo a las plagas. Una plaga que causa daños importantes en cada ciclo de cultivo, a menos que se le controle, se le llama plaga clave, mientras que aquellas que causan daños a intervalos de tiempo irregulares, se les conoce como plagas ocasionales. Muchos organismos son plagas cuando un factor natural importante que las controla es alterado, en este caso, reciben el nombre de plagas potenciales (Barrera, 1996).

Tres conceptos importantes para mejorar las estrategias de control a través de conocer los niveles poblacionales de las plagas y la dinámica de sus poblaciones, son la posición general de equilibrio, el nivel de daño económico y el umbral económico (Matthews, 1996).

Posición general de equilibrio

Al promedio de la densidad poblacional de la plaga a través de un largo período de tiempo, se le designa como la posición general de equilibrio (PGE); la PGE es inafectable por las intervenciones temporales de control. La densidad de la población fluctúa alrededor de la PGE como resultado de la influencia de los parasitoides, depredadores y enfermedades (Barrera, 1996).

Nivel de daño económico

La más baja densidad de la población de una plaga que podrá causar daño económico es el concepto de nivel de daño económico (NDE). En otras palabras, en NDE es la densidad de la población de la plaga a la cual el costo y el beneficio son iguales. Esta medida cuantitativa de la densidad de la población determina si un organismo puede ser considerado como una plaga. Sin una estimación del NDE no se pueden evitar los tratamientos injustificados con insecticidas ni evitar daños intolerables. Dependiendo del caso, el NDE puede encontrarse abajo o arriba de la PGE. De esta manera, la determinación del NDE es crítica para definir el objetivo final de cualquier programa de MIP. El NDE es flexible y puede cambiar con el tiempo, de lugar a lugar de variedad a variedad del cultivo, e incluso, entre dos lotes vecinos. El valor del NDE decrece conforme el valor del cultivo se incrementa y es también una función de los gustos del consumidor (Barrera, 1996).

Umbral económico (UE)

Se define como la densidad poblacional de la plaga a la cual las medidas de control se deberán aplicar para prevenir que su incremento alcance el nivel de daño económico. El UE siempre representan una densidad de la población de la plaga más baja que el NDE (Barrera, 1996).

Determinar el NDE y el UE es generalmente complejo, ya que se basan en detalladas operaciones que involucran la relación de la plaga con la climatología, los enemigos naturales, la resistencia de la planta y las consecuencias ambientales de aplicar las medidas de control (Barrera, 1996).

Estrategias y tácticas del MIP (Manejo Integrado de plagas)

Una estrategia es la meta fitosanitaria que se pretende lograr, mientras que una táctica es una acción o forma específica de combatir a una plaga (Barrera, 1996). A continuación, se describen las cinco estrategias que existen:

- Estrategia de convivencia: el control de la plaga se deja enteramente al control natural.

- Estrategia de prevención o profilaxis: el control se realiza con anticipación para evitar o prevenir el ataque de una plaga.

- Estrategia de erradicación: el control tiene el objetivo de la eliminación total de la plaga.

- Estrategia de supresión: el control se ejerce cuando la población de la plaga ha alcanzado una densidad no aceptable o tolerable.

- Estrategia de manejo integrado: busca optimizar la relación beneficio/costo. Aplicación racional de métodos, técnicas y prácticas de control con consecuencias positivas económicas, sociales y ambientales.

El MIP recurre a estas estrategias según cada situación. Trata de reducir la población de la plaga a un promedio que no cause daños económicos y cuando la población excede el UE utiliza procedimientos adicionales para suprimirlas (Barrera, 1996) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tácticas para el control de plagas (Barrera, 1996).

Tipos de control de plagas	Funcionamiento de los distintos tipos de control de plagas
Control biológico	Introducción, conservación e incremento de enemigos naturales (macro y microorganismos).
Control filogenético	Plantas resistentes (no preferencias, antibiosis, tolerancia)
Control cultural	Prácticas agronómicas: preparación del suelo, manejo del agua, cultivos intercalados, uso de cultivos trampa, épocas de siembra y cosecha etc.
Control físico-mecánico	Recolección y destrucción manual de insectos, construcción de barreras físicas, uso de ultrasonido, modificación de gases atmosféricos, etc.
Control legal	Mandatos gubernamentales o supregubernamentales como cuarentenas y campañas.
Control autocida	Técnica del insecto estéril: liberación de insectos estériles.
Control etológico	Uso de semiquímicos para modificar el comportamiento de las plagas y sus enemigos naturales.
Control químico	Plaguicidas sintéticos (Organoclorinados, órgano-fosforados, carbamatos, piretroides, etc) y naturales (toxina de <i>Bacillus thuringiensis</i> , nicotina, piretro, etc) reguladores del crecimiento etc.

2.1.6 Control biológico

Podemos definir el control biológico como la utilización o manipulación por el hombre de los enemigos naturales parásitos, predadores y patógenos para mantener las poblaciones de los insectos dañinos en niveles que no causen daño a los cultivos. Se debe entender el control biológico como uno de los componentes más importantes del manejo integrado de plagas (ICA, 2007).

El control biológico es considerado por muchos la fase más importante del control aplicado. Aunque no produce una reducción inmediata de las poblaciones de insectos, como lo hacen algunos plaguicidas nuevos es en cambio más efectivo y económico por un periodo mayor que el control químico. El control biológico puede ser definido como la manipulación artificial de fenómenos biológicos naturales con el propósito de reducir o controlar poblaciones nocivas de insectos, otros animales o plantas. Este incluye el uso de cepas o variedades resistentes de animales o plantas desarrolladas a través de programas extensos de investigación en los que se aprovechan los conocimientos actuales de genética. El término implica también la introducción, cría en masa y liberación de grandes cantidades de organismos depredadores, o parásitos productores de enfermedades (Davidson, 1992).

Con frecuencia las variedades resistentes de plantas han resultado ser la mejor y más económica manera de reducir o evitar el daño causado por los insectos. Las variedades resistentes mejoran cuando se adaptan a la región en la cual se cultivan. Se ha demostrado la reducción eficaz de las poblaciones de insectos destructores mediante la liberación de grandes cantidades de enemigos naturales (Davidson, 1992).

Muchos plaguicidas modernos destruyen grandes cantidades de insectos benéficos. Esto ha provocado el aumento de plagas que estaban anteriormente bajo control por sus enemigos naturales. Un buen ejemplo es notable incremento de poblaciones de ácaros fitófagos y otras plagas después de introducción de DDT y otros compuestos clorados dentro de varias operaciones de control de plagas de cultivos. Se descubrió pronto que

estos plaguicidas mataban a los ácaros depredadores y otros depredadores y parásitos que normalmente mantenían a las especies fitófagas bajo control. Éste y otros ejemplos conocidos prueban definitivamente que, veces el uso de plaguicidas en algunas situaciones causa más daños que beneficios (Davidson, 1992).

2.1.7 Control autocida

La técnica del insecto estéril (TIE) que consiste en la cría y esterilización a nivel de laboratorio de grandes cantidades de insectos, los cuales al ser liberados en el campo se cruzan con individuos silvestres y gracias al proceso de esterilización que fueron sometidos impedirán la descendencia del insecto plaga, reduciendo de esta manera las poblaciones en el campo (Ministerio de agricultura y riego, 2015).

2.1.8 Agente de control biológico

A pesar de la amplia gama de organismos reportados en su acción como controladores naturales de insectos plaga, malezas o enfermedades, desde el punto de vista del control biológico convencional, los organismos usados como agentes de control biológico son clasificados en cuatro categorías: parasitoides, depredadores, patógenos y antagonistas (Durán Ramírez, 2013).

En términos generales, los depredadores se caracterizan porque son relativamente grandes comparados con la presa a la cual deben cazar, dominar y devorar o succionar los fluidos de su cuerpo en un período relativamente corto. Un depredador consume más de una presa para completar su desarrollo, y la mayoría de los depredadores son carnívoros, tanto en los estados inmaduros, como en el adulto y se alimentan generalmente del mismo tipo de presas en ambos estados (Durán Ramírez, 2013).

Los parasitoides son invariablemente parasíticos sólo durante su estado inmaduro, el cual, se desarrolla dentro de un solo huésped que es destruido lentamente a medida que a larva del parasitoide completa su desarrollo. El estado adulto de los parasitoides es de

vida libre y generalmente se alimenta de sustancias diferentes a la del estado parasítico como néctar de flores u otro tipo de secreciones azucaradas, aunque algunas veces lo hace de fluidos del cuerpo de sus huéspedes, para lo cual debe sacrificar algunos huéspedes, actuando en este caso como depredadores. Esta es una acción de reciente descubrimiento y estudio y se ha encontrado que es un factor de mortalidad importante en la relación huésped parasitoide en algunas especies (Durán Ramírez, 2013).

2.1.9 Parasitoides controladores del gusano barrenador de la caña de azúcar *Diatraea crambidoides* (Grote)

Los organismos que viven a expensas de otros denominan parásitos. Un insecto que parasita a otro y le causa la muerte se denomina parasitoide. Los parasitoides llevan a cabo el parasitismo durante sus estados larvales y matan al hospedero antes de llegar a su madurez (ICA, 2007).

La mayoría de los parasitoides son específicos, es decir, atacan sólo una o unas cuantas especies muy relacionadas entre sí. A diferencia de los depredadores, que se caracterizan porque cada individuo puede matar varias presas, los parasitoides eliminan un individuo por cada una de sus posturas estas condiciones convierten a los parasitoides en enemigos naturales muy efectivos (ICA, 2007).

Ingenio Santa Ana maneja dos controladores biológicos de los órdenes Hymenóptera y Lepidóptera.

***Cotesia flavipes* (Cameron)**

Es una avispa usada para controlar larvas del barrenador de la caña, siendo mayores sus ventajas en áreas donde la plaga ya se encuentra instalada en el interior de los tallos. Su uso puede asociarse al aumento de la eficiencia de control del barrenador, en dos fases diferentes de la plaga (huevo y larva), proporcionando así una disminución más

rápida de la infestación. La eficiencia en el control del barrenador de la caña, se encuentra principalmente relacionada a la correcta utilización de estos organismos (Solares, 2008).

Cotesia flavipes (Cameron) es un insecto holometábolo, o sea presenta una metamorfosis completa, (huevo, larva, pupa y adulto). Los estados inmaduros (huevo, larva y pupa), difieren marcadamente de los adultos, en estructura, comportamiento y necesidades alimenticias. Los huevos son puestos por las hembras en la regio ventrolateral del cuerpo de las larvas. El periodo de incubación es de 3 a 4 días, la larva madura se forma en 8-10 días. Esta emerge haciendo presión en la cutícula de las larvas, después de lo cual tejen un capullo y pasan a pupa. El periodo pupal dura de 6-7 días. De un solo hospedero pueden emerger hasta 70 larvas. El adulto tiene una duración de 2-3 días, estos copulan inmediatamente después del nacimiento. Las hembras, fertilizadas comienzan a colocar los huevos después de 4-6 horas. Estas presentan antenas más cortas que el macho. La sobrevivencia de las hembras puede ser incrementada, cuando son alimentadas con sustancias azucaradas y mantenidos en la oscuridad, con una humedad entre 50-60% (Solares, 2008).

***Aprostocetus esurus* (Riley)**

Aprostocetus esurus (Riley) es una avispa parasitoide de crisálidas de lepidópteros, su tamaño oscila entre 10-15mm. La especie *A. esurus* (Riley) tiene el abdomen redondo, siendo más pronunciado en la hembra y las antenas son más delgadas que *Aprostocetus fusificola* Graham (Meléndrez García, 2015).

Esta avispa presenta el cuerpo de color negro, las patas son amarillas, durante su fase inmadura los ojos son rojos. Las antenas son filiformes y delgadas. El radio de vuelo es de 0.5 metros, es decir una avispa puede volar en segmentos de 1 metro². Para fines de control biológico se pueden establecer 2 avispas/metro² (1 macho y 1 hembra por cada metro²) (Meléndrez García, 2015).

Los machos de *A. esurus* (Riley) son más pequeños que las hembras, su tamaño es de 10mm y el de las hembras mayor a 13mm, el abdomen de los machos es más pequeño, el de las hembras es más grande, en forma de gota. Esta avispa posee alas con microtrichios (Meléndrez García, 2015).

2.1.10 Métodos para la crianza de insectos *Diatraea* spp

Los métodos de crianza se caracterizan fundamentalmente por el tipo de alimento suministrado a las larvas durante su desarrollo. Este puede ser: a) natural: cuando se usan plantas o parte de ellas que normalmente son hospedantes del insecto en la naturaleza y b) artificial: cuando el alimento suministrado ha sido previamente elaborado por el hombre (Toledo Perdomo, 1999).

Lo importante es que la dieta debe de ser una mezcla de ingredientes que provea todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de las larvas (Toledo Perdomo, 1999).

a) Crianza con alimento natural

Este método consiste en colocar las masas de huevos del insecto a punto de eclosionar a las larvas recién emergidas sobre partes de plantas frescas que permitan su alimentación y desarrollo. Generalmente las larvas son confinadas en recipientes de diferentes dimensiones que pueden ser de cristal, plástico o latón. (Toledo Perdomo, 1999).

b) Crianza con alimento artificial

Se denomina alimento artificial a toda preparación fabricada por el hombre y diferente al alimento disponible en la naturaleza por la presentación, características físicas y composición química (Toledo Perdomo, 1999).

Entre los alimentos artificiales proporcionados a los lepidópteros fitófagos, se distinguen los medios sintéticos, constituidos por sustancias químicas definidas (aminoácidos, glúcidos, sales minerales, vitaminas, etc) y los medios semisintéticos que contienen una proporción variable de cuerpos químicos conocidos y sustancias complejas cuyas estructuras químicas están más o menos definidas (materias vegetales, proteínas, levadura de cerveza, etc). Son estos precisamente, los que han permitido criar el mayor número de especies insectiles (Toledo Perdomo, 1999).

Como ventajas principales de la crianza de insectos sobre dietas artificiales, las siguientes:

- La crianza en general es más fácil.
- El comportamiento y la biología pueden ser estudiados en forma precisa con menos esfuerzo.
- Se pueden criar en gran número, simultánea y económicamente en un espacio limitado.
- Los insectos pueden ser criados de modo ininterrumpido a través de todo el año, aun cuando no se encuentren o no se consigan los elementos naturales donde viven.

Cría de las larvas *Diatraea* spp

Las larvas de *Diatraea* spp. Se obtienen de la cría comercial en los laboratorios de producción, las cuales se producen masivamente con la dieta artificial, producto de una mezcla de diferentes ingredientes que proveen los nutrientes necesarios para el desarrollo de las larvas (Morales Molina, 2008).

Las larvas de *D. crambidoides* (Grote) se obtienen por la colecta en campo y se procede a la reproducción masiva, tomando como base el modelo de producción en los laboratorios los cuales se analizan la respuesta de las larvas con respecto a las dietas y su adaptación. Luego las larvas que han sido recolectadas se desinfectan, se desarrollan en la dieta artificial para incrementar el número de larvas. Las larvas hospederas son parasitadas individualmente con cada parasitoide para mantener el pie de cría (Morales Molina, 2008).

2.1.11 Composición de las dietas de los insectos en el laboratorio

Según Smith (1968), de una forma general, una dieta artificial se compone por los siguientes elementos dietéticos:

Las proteínas: como la caseína, albúmina y aminoácidos.

Los carbohidratos: como los azúcares y almidones.

Los lípidos: aceites vegetales, fosfolípidos, ácidos grasos.

Mezcla de sales, mezcla de vitaminas, agar y celulosa.

2.1.12 Requerimientos nutritivos para el desarrollo de los insectos

a) Carbohidratos

Los carbohidratos son fuente de energía y pueden ser almacenados por el insecto en forma de grasa como reservas energéticas, siendo aportados generalmente por la sacarosa (Cruz urrutia, 1992).

Los azucares son los alimentos más importantes en la dieta de los insectos fitófagos. La tasa y eficiencia de crecimiento del insecto depende de las propiedades gustatorias

especiales del carbohidrato, este efecto en la alimentación del insecto debe ser considerada cuando se está estableciendo una dieta (Cruz urrutia, 1992).

En la evaluación de varios azúcares se ha determinado que solamente los carbohidratos de las plantas pueden ser asimilados por los insectos fitófagos. A todos los insectos que han sido estudiados, en sus dietas, se les ha suministrado carbohidratos. La glucosa y sacarosa, solas o combinada con almidón de dextrina, son suficientes para el crecimiento de la mayoría de insectos fitófagos (Cruz urrutia, 1992).

b) Proteína y aminoácidos

Para la producción de proteínas se requiere de 20 aminoácidos, aunque solo 10 son esenciales en la dieta para la producción de proteínas, y ellos son, la arginina, lisina, leucina, isoleucina, triptófano, histidina, fenilalanina, metionina, valina y treonina; el efecto de las proteínas está relacionado con su contenido de aminoácidos. Los aminoácidos y proteínas son el segundo grupo más importante de nutrientes que estimulan la alimentación del insecto fitófago y son siempre necesarios en la dieta del insecto y para lograr un crecimiento óptimo se requiere de concentraciones relativamente altas (Cruz urrutia, 1992).

Varias proteínas han sido utilizadas en la evaluación de dietas dando resultados satisfactorios en la nutrición de los insectos fitófagos.

La caseína se ha utilizado ampliamente en dietas de insectos porque está disponible en diversas formas purificadas para realizar estudios de nutrición, aunque este es de origen animal (Smith, 1968).

Varios investigadores han agregado aminoácidos en las dietas que poseen cantidades insuficientes de caseína, mientras que otros tienen dentro del requerimiento de la dieta de los insectos tanto las proteínas de las plantas como los aminoácidos (Toledo Perdomo, 1999).

Algunas proteínas relativamente puras se han utilizado como fuente única de nitrógeno en las dietas, incluyendo la albúmina y proteína de soya (Smith, 1968).

c) Lípidos

Los lípidos son también importantes en la alimentación del insecto fitófago. En estudios, realizados el aceite de germen de trigo aumentó la alimentación en cigarras (Situn M. , 1996) los insectos fitófagos de casi todo el orden Lepidóptera requieren ácidos grasos.

Los aceites vegetales contienen ácidos grasos para la dieta del insecto. Las grasas, ya sea crudas o refinadas, contienen otras sustancias como el tocoferol, caroteno y aceites esenciales que pueden afectar la alimentación y nutrición en los insectos (Smith, 1968).

Los insectos son los únicos que no son capaces de sintetizar algunos ácidos grasos que tienen que estar incluidos en la dieta. También se ha demostrado que los insectos fitófagos son muy eficientes en convertir algunos ácidos grasos de las plantas en tejidos de su cuerpo (Smith, 1968).

d) Vitaminas

Las vitaminas son sustancias necesarias para la dieta de los insectos en pequeñas cantidades, ya que estos no son capaces de sintetizarlas. Las vitaminas son componentes de la coenzima (Situn M. , 1996).

La vitamina A contiene pigmentos que han sido encontrados en los ojos de los insectos. Un requisito dietético para los insectos es el ácido ascórbico, este es uno de los descubrimientos más importantes en los últimos años. Los insectos que consumen alimento seco, almacenado o decadente y especies carnívoras no necesitan en su dieta ácido ascórbico, mientras que la mayoría de insectos fitófagos lo requieren (Smith, 1968).

La vitamina B es utilizado como una coenzima en el metabolismo del insecto. La importancia de esta vitamina en la dieta de los animales es tan universal que difícilmente se puede excluir. Sin embargo, algunos insectos han sido evaluados con dietas con un contenido deficiente de vitaminas (Smith, 1968).

e) Minerales

Los requerimientos de elementos minerales de los insectos están dados generalmente en alguna mezcla de sal comercialmente disponible en las dietas. Las mezclas están diseñadas con un contenido de cantidades grandes de calcio, sodio, fósforo y otros minerales no comúnmente encontrados en cantidades apreciables en las plantas (Toledo Perdomo, 1999).

Los insectos fitófagos no requieren cantidades iguales y proporcionales de minerales como lo necesitan los vertebrados en algunos experimentos se ha utilizado sal comercial en las dietas de los insectos obteniéndose resultados satisfactorios (Smith, 1968).

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA INSTITUCIÓN ANFITRIONA

El Ingenio Santa Ana es una corporación con sobresaliente desempeño. En sus años se ha convertido en uno de los líderes de la agroindustria azucarera. Es un complejo agroindustrial que produce una diversidad de productos que son reconocidos a nivel mundial por sus altos estándares de calidad. Ingenio Santa Ana se dedica a la producción de caña de azúcar y generación de energía eléctrica. También comercializa subproductos como la melaza, bagazo, cachaza y diversos productos y servicios conexos. (González Midence , 2007).

3 CONTEXTO DE LA PRÁCTICA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

3.1.1 Historia

En 1968 un grupo de empresarios adquirió parte del equipo de los Ingenios Santa Juana y Canóvanas de Puerto Rico, iniciándose así la construcción del Ingenio Santa Ana, en la finca Cerritos, que está ubicada a 65 km al sur de la ciudad de Guatemala, a 220 msnm. La primera zafra de prueba se hizo en 1969 /70 moliéndose 154,973.75 toneladas de caña, produciendo 239,525 quintales de azúcar en 136 días, la capacidad en esa época, era de 3,500 ton/día.

En el año de 1983, se molía ya a razón de 7,500 ton/día. A partir de esa fecha, se iniciaron varios proyectos encaminados a mejorar la capacidad de molienda y la eficiencia, para ello, hubo necesidad de renovar patios, laboratorios, molinos, calderas, bodegas de azúcar, etc, de manera que, en la zafra de 1984, se superó el millón de quintales de azúcar envasada, con 50,000 toneladas de caña molida (Solares, 2008).

En 1990, se impone un nuevo récord, al moler más de un millón de toneladas de caña, con una producción de más de dos millones de quintales de azúcar envasada.

En 1991, se inició el montaje de la refinería, que comenzó a operar el 2 de febrero de 1993, con capacidad de 500 toneladas de azúcar por día. Está diseñada para elaborar refina de alta calidad, partiendo de azúcar blanca sulfatada. Cuenta con 3 tachos, 7 filtros, 6 centrifugas automáticas, una secadora y una enfriadora. Para la zafra 1994/95, la refinería produjo 750 toneladas de azúcar por día y se instaló un clarificador de azúcar disuelta, para poder trabajar con azúcares afinadas (Solares, 2008).

En lo referente a cogeneración, el Ingenio Santa Ana produjo su propia energía eléctrica desde el comienzo de sus operaciones. En efecto, desde 1969, contó con 3 generadores con una potencia instalada de 3,500 KW, y para la zafra 1982/83 ya tenía una capacidad de 7,250 KW. En 1983, debido a fallas en el sistema hidroeléctrico nacional, la empresa Eléctrica de Guatemala, cuyo 95% de acciones está en manos del estado y el 5% pertenece a la iniciativa privada, comenzó a buscar fuentes alternativas de energía y pidió al Ingenio Santa Ana que le vendiera el excedente de su producción. Así pues, durante la zafra 1983/84 se inició la cogeneración, entregando a la Empresa Eléctrica de Guatemala una potencia de 800 KW. La experiencia fue positiva y evidenció que el proyecto era viable (Solares, 2008).

Las operaciones de corte de caña se iniciaron en el período de 1977/78. Se empleaban 1,200 cortadores para cortar 1,000 Ton de caña diarias, con machete convencional. Hace seis años, se inició el programa de capacitación permanente para el corte de caña con machete australiano, habiéndose incrementado la eficiencia en el corte, la calidad de producto final y los ingresos de los cortadores. Así también, se construyeron módulos habitacionales con todas las comodidades, para albergar a los cortadores de cuadrilla, procedentes del altiplano guatemalteco, a los cuales proporciona alimentación abundante en proteínas, completada con sales de rehidratación oral (Solares, 2008).

En beneficio del personal dedicado al corte de caña, se desarrollaron actividades tanto educacionales como médicas, tendientes a la desparasitación y el tratamiento de enfermedades comunes y de enfermedades propias de la cosecha de la caña de azúcar. Todo lo anterior, es afianzado con programas de alfabetización y recreación, dando como resultado que en la zafra 1993/94 se emplearon 1,350 cortadores para cosechar 7,500 Ton. De caña por día (Solares, 2008).

En 1996, Santa Ana avanzó significativamente en sus planes estratégicos, al desarrollar una de las fábricas más eficientes, lo cual logro colocando mayor capacidad instalada, con equipo de alta tecnología (tacho continuo y un moderno tándem de molinos), ello apoyado con un proyecto de automatización industrial único en Centro América,

alcanzando en la zafra 2001/02 una producción récord de 4,000,000 de quintales de azúcar (Solares, 2008).

3.2.2 Descripción de las diferentes salas de producción del barrenador de la caña

El laboratorio consta de 4 salas para la producción del taladrador y el parasitoide *Cotesia flavipes* (Cameron), las mismas están acondicionadas de acuerdo con las necesidades biológicas de los insectos; la producción se lleva a cabo en las salas de: postura, dieta, larvas en desarrollo, parasitación, revisión, lavado y cuarentena (Solares, 2008).

Sala de postura: lugar en donde se encuentra la cámara de copulación, consta de un tubo PVC de 6" de diámetro y 20cm. De altura abierto en las extremidades, el cual se forra con papel mantequilla, en el cual serán depositados los huevos a seleccionar (Solares, 2008) (Figura 5).

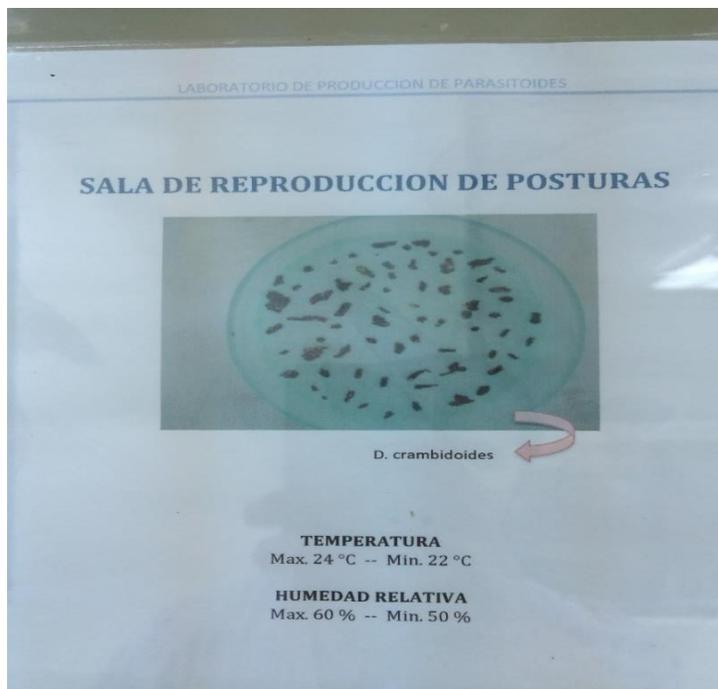


Figura 5. Sala de posturas de *Diatraea crambidoides* (Grote)

(Solares, 2008).

- **Sala de dieta:** es considerada una de las más importantes, debido a que en esta se prepara el alimento para las larvas de *Diatraea crambidoides* (Grote) (Solares, 2008) (Figura 6).



Figura 6. Sala de elaboración de dieta de *Diatraea crambidoides* (Grote).

- **Sala de desarrollo larval:** en esta sala se mantiene las larvas del barrenador en todas las fases larvales hasta el momento de su transformación a crisálida. También se incuban las posturas una vez que han sido desinfectadas (Solares, 2008) (Figura 7).



Figura 7. Sala de desarrollo, estantes de recipientes de *Diatraea crambidoides* (Grote).

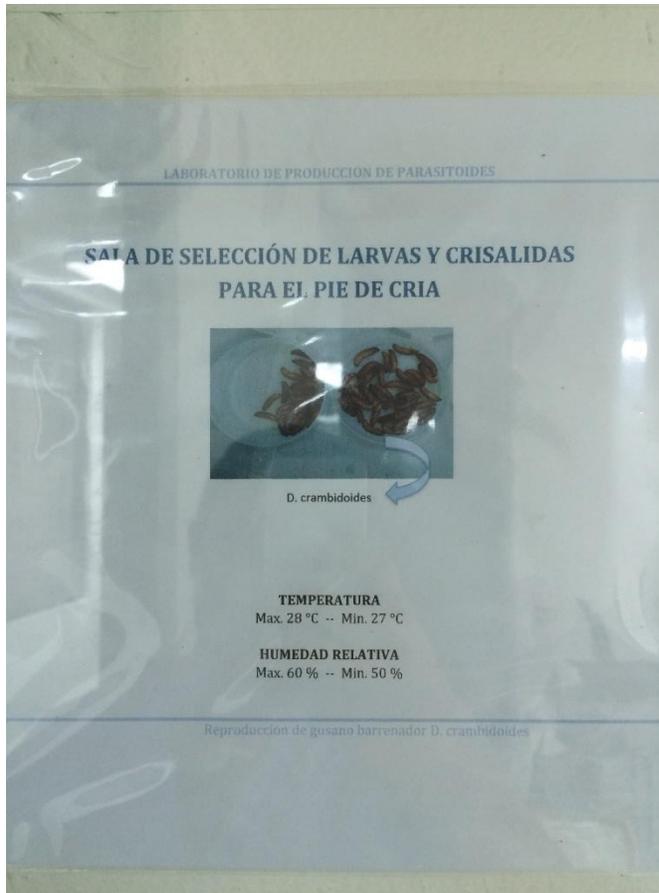


Figura 8. Sala de selección de pie de cría de *Diatraea crambidoides* (Grote).

- **Sala de selección de larvas:** se seleccionan las larvas de pie de cría que son de 21 días para que se transformen en crisálidas, son transferidas a cajitas plásticas y se dejan las larvas 9 días más con dieta de realimentación para que se transformen con las mejores características físicas sin presentar daño alguno. Según (Solares, 2008) el tamaño de las larvas a utilizar es de (25 a 30mm) (Figura 9).

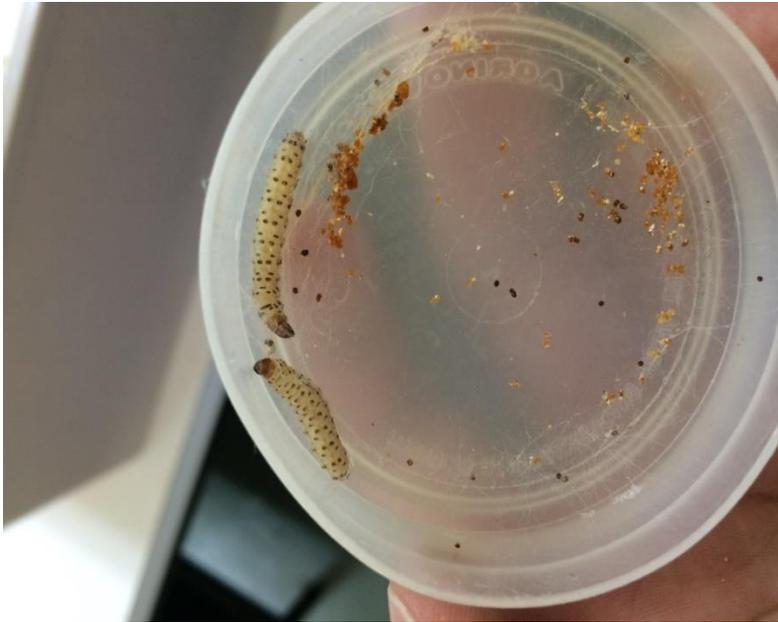


Figura 9. Selección de larvas de *Diatraea crambidoides* (Grote) para pie de cría (Solares, 2008).

3.2.3 Acerca de la empresa

Como muchas de las empresas, el Ingenio Santa Ana tiene distintos mercados hacia los cuales comercializa los diversos productos que son aceptados por su calidad (Solares, 2008).

Mercado de exportación

1. Azúcar refinada tipo “A”

Es la sacarosa de mayor calidad. Sus especificaciones técnicas son: color 0-45 grados ICUMSA (constituye el factor más importante para este tipo de azúcar), Pol 99.85 mínima y humedad 0.04 por ciento (Solares, 2008).

2. Azúcar cruda

Constituye la sacarosa con una Pol mínima de 97.9 por ciento (Solares, 2008).

Mercado interno

1. Azúcar blanca standard (o sulfitada)

Es la sacarosa de mayor venta para consumo local. Sus características son Pol 99.4-99.6 por ciento, Color 180-400 ICUMSA, humedad 0.20 por ciento. Contiene vitamina A en una concentración de 12 a 20 ppm. En Santa Ana este tipo de sacarosa se envasa bajo la marca "Caña Real" (Solares, 2008).

2. Azúcar refinada local

Es la sacarosa con 0-80 grados ICUMSA, Pol 99.6-99.8 por ciento, humedad 0.04 por ciento. Este tipo de sacarosa al igual que la anterior también está vitaminada. En Santa Ana se empaca bajo la marca Nevada (Solares, 2008).

3. Azúcar superior

Es la sacarosa con 99.6-99.79 por ciento de Pol, humedad 0.10 por ciento, color 80-200 ICUMSA.

Generación Eléctrica

Diciembre a marzo o sea en época de zafra 45 Mw. Generados, de los cuáles 10 Mw, son consumidos y 35 Mw, son vendidos.

Abril a noviembre, época de reparación 25 Mw generados de los cuáles 1 Mw es consumido y 24 Mw son vendidos.

3.1.4 Localización de la empresa

El ingenio Santa Ana se encuentra ubicado en la finca “Cerritos” en el Km.65 carretera a Santa Lucia cotzumalguapa, en el departamento de Escuintla a 22msnm (Figura 10).

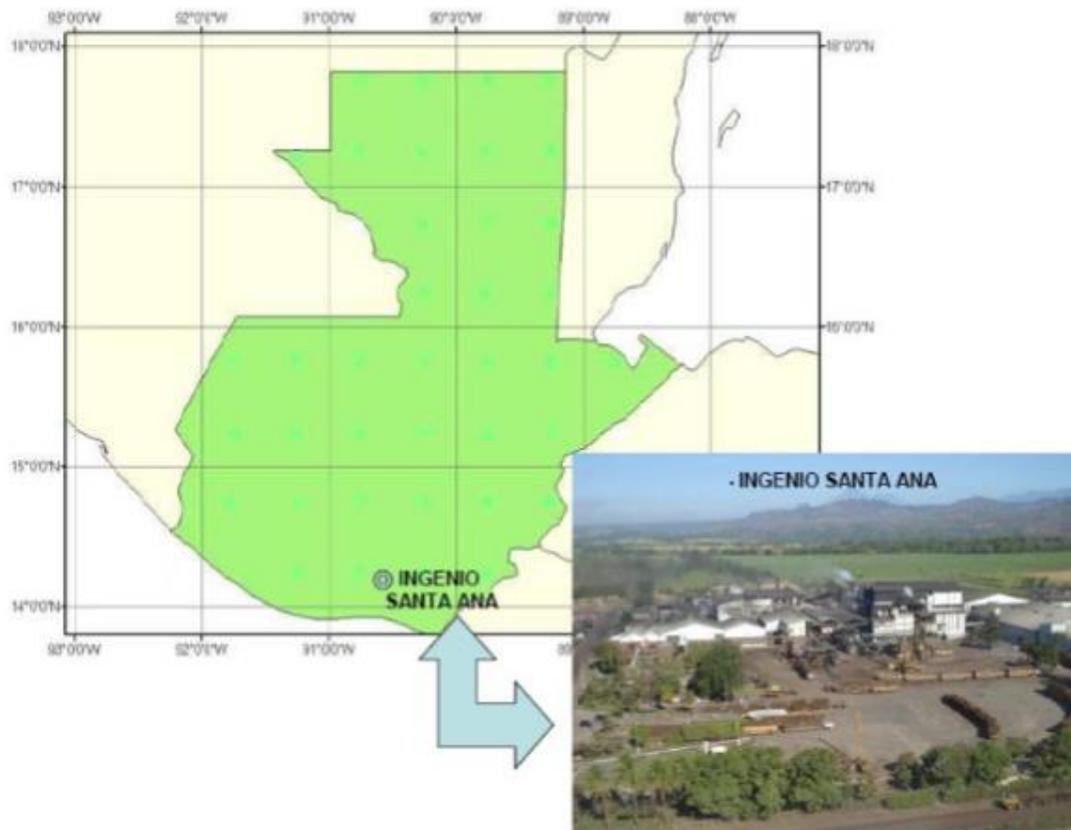


Figura 10. Localización Ingenio Santa Ana. (Paz Fong, 2010).

Localizado en las coordenadas siguientes: 14°14'36.5" Latitud norte y 90°50'21.44" Longitud oeste (Paz Fong, 2010).

3.1.5 Servicios

El Ingenio Santa Ana tiene varios servicios involucrados en la producción y distribución de sacarosa, los cuales se describen y denotan como la atención personalizada que se brinda a cada cliente con informes de la calidad, respaldados por los análisis del laboratorio a cargo, visitas que se realizan a las empresas para verificar la satisfacción del cliente. Al igual en el área de los laboratorios del área de agrícola, especialmente en la producción de parasitoides, en donde se producen los medios para un adecuado control biológico del gusano barrenador de la caña. Aquí se incluyen los servicios de atención al cliente en la asesoría de cómo puede aplicar el producto, así como la cantidad adecuada que se debe aplicar (Solares, 2008).

Para lograr este nivel de satisfacción el personal es altamente capacitado en seguridad e higiene, en el proceso mismo y en el tipo de atención que debe brindar, así como del cuidado de las normas para mantener la calidad en el producto (Solares, 2008).

3.1.6 Organigrama

El ingenio Santa Ana siendo una empresa encargada en la producción de sacarosa y su comercialización nacional como internacional. Comprende de distintos puestos para la producción de azúcar y su comercialización (Figura 11).

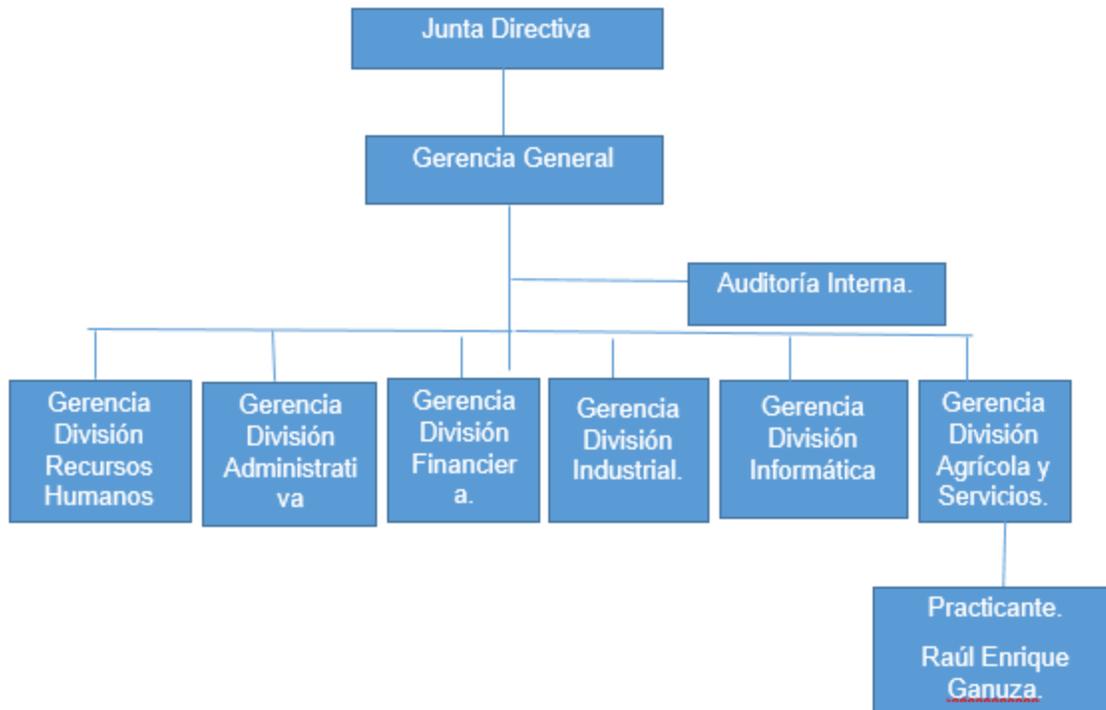


Figura 11. Organigrama empresarial del Ingenio Santa Ana (Jefe de la división de informática 2016).

3.2 NECESIDAD EMPRESARIAL Y EJE DE SISTEMATIZACIÓN

La empresa Ingenio Santa Ana se enfoca en producir eficientemente bienes y servicios de óptima calidad derivados de la caña de azúcar, en la cual se enfoca en innovaciones para el cuidado de la caña de azúcar. En la cual desarrolla estrategias en la agroindustria azucarera, a través de un alto grado de tecnificación en cada área, lo que incurre en tener cada vez más eficiencia en los procesos de producción y superar sus objetivos alcanzados anteriormente. Para lograr el enfoque de la empresa es indispensable fortalecer el área de la división agrícola y servicios, debido a que una de las causas de pérdidas económicas en el cultivo de la caña de azúcar se debe a la plaga de *Diatraea cramboides* (Grote) que se encuentra en la fase de crecimiento del cultivo, afectando el nivel de producción en cuanto al umbral económico.

En el área de laboratorio de parasitoides debido a que es un laboratorio pequeño desean obtener mayor número de crisálidas por la menor cantidad de recipientes esto beneficiara eficientizando el espacio del laboratorio y sembrando menor cantidad de recipientes por día.

Para tener un manejo adecuado sobre la plaga se realiza control autocida (liberación de machos estériles), de igual manera utilizan el método de control biológico consiste en la producción de parasitoides *Cotesia flavipes* (Cameron) y *Aprostocetus esurus* (Riley) estos por el momento se mantienen pie de cría, en el laboratorio de parasitoides tiene como objetivo producir crisálidas del barrenador *Diatraea crambidoides* (Grote) estos se producen en masa para luego ser mandados a irradiar en la fase de crisálida o pupa para que los hijos que logren procrear sean 100% estériles y así reducir la población de larvas. Por lo que es importante para el laboratorio tener una buena cantidad de adultos para su posterior liberación al campo de cultivo. Se realizó una evaluación de recipientes de distintos volúmenes para evaluar una cantidad en dietas para *D. crambidoides* (Grote). A su vez se buscó el recipiente ideal que pudiera contener el mayor número de crisálidas de *Diatraea* spp, para poder aumentar la eficiencia del laboratorio y poder generar mayor número de individuos por recipiente, así como para optimizar los recursos de la empresa.

En el lapso del tiempo de la sistematización de práctica profesional, se estuvo trabajando en el área de laboratorios, los cuales pertenecen a la división agrícola y servicios del Ingenio Santa Ana. Con la intervención en esta división, se contribuyó en la investigación y determinación de la densidad poblacional de larvas de *Diatraea crambidoides* (Grote) que se podría llegar a obtener en 3 distintos volúmenes de contenedores, siendo estos de 12oz, 16oz y 21oz. Previamente se ha establecido una dieta sintética para las larvas, la misma se mantendrá equivalente a los recipientes que se utilizan actualmente dentro del laboratorio.

El fin primordial de la intervención fue apoyar en las distintas actividades para poder determinar el recipiente que presente las mejores características con respecto a la

viabilidad de las crisálidas y establecer cuál recipiente presenta condiciones idóneas para la transformación de huevo a crisálida.

3.3 JUSTIFICACIÓN

Según la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA) la agroindustria azucarera se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para el país. ASAZGUA afirma que la exportación de azúcar aumentó 19.25% en la cosecha estimada del 2011, la agroindustria azucarera cuenta con ingenios azucareros en la costa del Océano pacífico al sur del país. En los últimos años la producción ha ido disminuyendo debido a la presencia de insectos plagas en el cultivo, entre ellos *Diatraea crambidoides* (Grote), el daño causado por los barrenadores en caña es mayor, la estimación de las pérdidas de azúcar por los barrenadores se ha realizado principalmente con base en la intensidad de infestación (porcentaje de entrenudos dañados. Estudios de CENGICAÑA-Cañamip indican que el factor de pérdida es de 0.36kg Azúcar/tonelada/ por cada 1% de entrenudos dañados. Para una producción promedio de 90t/ha, se estima un índice de daño de aproximadamente 32.4kg de azúcar por hectárea/1% de entrenudos dañados (Márquez , 2012).

El barrenador del tallo constituye una de las tres principales plagas de la caña de azúcar, según (Ovalle, 1997) indica que los daños que causan los barrenadores del tallo se encuentra el ataque de las larvas en la fase inicial del cultivo causando la muerte del meristemo apical de los tallos (corazón muerto). El más importante es la reducción de la concentración de sacarosa en los jugos, lo que se traduce en una disminución del porcentaje de azúcar recuperable. *Diatraea* spp, al penetrar al tallo de la caña y realizar galerías en su interior, favorece la entrada de microorganismos como los hongos *Colletotrichum falcatum* Went. y *Physalospora tucumanensis* Speg., los cuales causan el color rojo característico de las galerías y sus contornos conocido como pudrición roja.

La visión del Ingenio Santa Ana es producir eficientemente bienes y servicios de óptima calidad derivados de la caña de azúcar. Por lo cual deben de estar en investigación

continúa en los avances tecnológicos para reducir las amenazas y debilidades que se presenten en los bienes y servicios que prestan. Es por ello que se hace conveniente desarrollar nuevas prácticas agrícolas para el control de *Diatraea* spp que posean un impacto ambiental mínimo, así como que sean eficientes y de bajo costo en su implementación. Esto último resalta la importancia de producir parasitoides sin incurrir en elevar costos por mal uso de espacio y posturas en la crianza de los mismos.

La “Participación en el proceso de producción de adultos de *Diatraea crambidoides* (Grote) en 3 volúmenes de recipientes, para la producción industrial de adultos” busca obtener una mayor producción de crisálida para así llegar hacer irradiadas y liberadas en campo.

Las opciones que se implementan para resolver el problema de *Diatraea* spp. es por medio del control autocida que es el que se está implementando a gran escala como método de control del gusano barrenador que ayuda a reducir la población de los insectos plagas, por otro lado, para mantener el pie de cría de los controladores biológicos *Cotesia flavipes* (Cameron) y *Aprostocetus esurus* (Riley) se utilizan tanto larvas y crisálidas para que sean parasitadas por estos controladores y así mantener el pie de cría de los mismos y no perder la producción de estos dos controladores biológicos. Se consideran parasitoides debido a que viven a expensas de otros organismos, los parasitoides llevan a cabo el parasitismo durante las diferentes etapas de su hospedero como lo es en el caso de *Cotesia flavipes* (Cameron) ataca en el estado larval del barrenador de la caña y *Aprostocetus esurus* (Riley) ataca en estado de pupa o crisálida, por lo cual es de importancia hacer eficiente los métodos para la producción industrial de *Diatraea crambidoides* (Grote) a nivel de laboratorio.

4 OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Participar en el proceso de producción de adultos de *Diatraea crambidoides* (Grote) en el laboratorio de parasitoides.

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de 3 distintos volúmenes de recipientes sobre la viabilidad en la producción de adultos de *Diatraea crambidoides* (Grote) en condiciones de laboratorio.
- Establecer el efecto de 3 distintos volúmenes de recipientes sobre el estado físico de las crisálidas de *Diatraea crambidoides* (Grote) en condiciones de laboratorio.

5 PLAN DE TRABAJO

5.1 PROGRAMA DESARROLLADO

Las actividades se realizaron durante la sistematización de práctica profesional que se realizó en la división de agrícola y servicios en la empresa Santa Ana. La práctica se realizó el 26 de septiembre del año 2016 al 26 de marzo del 2017.

Para el montaje del experimento se necesitaban los recipientes (vasos de 12, 16 y 21 oz), posturas y dieta utilizada para alimentar las larvas de *Diatraea crambidoides* (Grote) (cuadro 4).

Se adquirieron los recipientes (vasos de 12, 16 y 21 oz), en la empresa de plásticos ENVAICA, adquiriendo 100 vasos de 12 oz, 100 vasos de 16 oz y 100 vasos de 21 oz teniendo un total de 300 recipientes, cada recipiente contaba con una tapadera inyectable. Estas tapaderas se cortaron en el centro formando un agujero, en el centro de la tapadera se colocaba algodón cubriendo por completo la circunferencia del agujero este ayudaba para que ingresara oxígeno dentro del vaso y así permitía el intercambio de oxígeno del exterior hacia el interior de los recipientes permitiendo que la larvas no se asfixiaran, teniendo listos las tapaderas de los recipientes se necesitaba obtener las posturas necesarias para sembrar dentro de los recipientes para ello se tenían que obtener de la sala de posturas.

En la sala de posturas se obtenían una masa de huevecillos que se le denomina posturas (huevecillo de palomillas en su fase adulto de *D. crambidoides* (Grote)) esta sala necesita material proveniente de la sala de pie de cría la sala de pie de selecciona material (larvas de *D. crambidoides* (Grote) con edad de 21 días) son extraídas de los vasos y se coloca en una cajilla plástica con alimento denominado dieta de realimentación, eran seleccionadas 3,000 larvas cada larva en su respectiva cajilla, las cajillas ayudaban para que las larvas tuvieran un ambiente más adecuado para su transformación y por lo que

las larvas son caníbales y se pueden morder entre ellas se coloca cada larva separada para que se transforme en una crisálida sana.

Las crisálidas sanas son las que no presentan daño alguno; tienen las mejores características. Las crisálidas deformes son las que presentan cicatrices debido a que otras larvas las hayan mordido y le afecta en su estado de transformación presentando defectos. Las crisálidas con contricciones son las que en su etapa de crisálida las alas se encuentran atrofiadas.

Se revisan las cajillas a los 9 días, debido a que las larvas se extraen de los recipientes a los 21 días más los 9 días completan un periodo de 30 días que es el periodo de tiempo que necesita *Diatraea crambidoidea* (Grote) para pasar de su estado larval a su estado de crisálida, estas crisálidas son colocadas en recipientes plásticos reusables adquiridos en Guateplast, estos recipientes se colocan dentro de unas cajas de madera denominadas jaulas de emergencia de adultos, estas jaulas son manipuladas por los encargados de la sala de posturas, la transformación de crisálida a adulto toma de 2 a 3 días.

En la sala de posturas se extraen los adultos emergidos de las jaulas de emergencia de adultos, estos adultos son sexados en machos y hembras se logran sexar por el estado físico los machos por lo general son más pequeños y presentan un menor abdomen por otra parte las hembras son de mayor tamaño que los machos y presentan un abdomen de mucho mayor tamaño que los machos, son tomados de las jaulas 20 hembras y 30 machos se introducen en tubos plásticos de 6", estos tubos dentro de sus paredes internas contienen papel mantequilla que es donde las hembras colocan la masa de huevecillos denominados posturas se les agrega un poco de agua para humedecer el papel mantequilla y luego estos tubos se colocan en bandejas que contienen esponjas húmedas los adultos necesitan de humedad para que puedan copular las hembras con los machos. A los tubos es necesario cubrirlos con una película plástica de color negro para proporcionar un ambiente oscuro debido a que las palomillas presentan actividad

nocturna y es apropiado para que las hembras ovipositen sus huevecillos en el papel mantequilla.

Al siguiente día se revisaban los tubos y se extraía el papel mantequilla y las palomillas eran colocadas en un nuevo tubo con un nuevo papel mantequilla el papel mantequilla que se obtenía con las posturas debía ser tratado para evitar que se contaminaran las posturas con hongos, los papeles mantequilla que se obtenían eran sumergidos en recipientes plásticos con capacidad de 3 litros estos recipientes contenían 1 litro de agua desmineralizada 3 gotas de formol y 10 gramos de sulfato de cobre, el formol ayuda a eliminar agentes contaminantes y el sulfato de cobre ayuda a mantener las posturas hidratadas. Luego de ser tratadas con esta solución son secadas y luego se corta la masa de huevecillos (posturas) que contiene el papel mantequilla estas posturas son colocadas en una caja Petri que contiene un papel filtro y que esta humedecido con sulfato de cobre que es el que mantiene los huevecillos de las posturas hidratados estas cajas Petri son llevadas a una sala de desarrollo que tiene una temperatura de 30° centígrados pasan allí de 3 a 4 días para que maduren y eclosionen las larvas.

De los 3 a 4 días que están en la sala de desarrollo para que los huevecillos maduren y puedan emerger las larvas son manipulados por los encargados de la sala de dietas, en la sala de dietas son los encargados de realizar el alimento que lleva cada recipiente y el alimento de realimentación para las larvas que son colocadas en cajillas plásticas del pie de cría. Esta sala se pesa la cantidad de gramos que lleva cada recipiente como se cuenta la cantidad de huevecillos que debe llevar cada recipiente los reactivos que se utilizan son (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ingredientes y reactivos para la dieta.

Ingredientes	U/M	CANTIDAD
Harina de maíz	gramo	420
Germen de trigo	gramo	105
Levadura	gramo	112.50
Ácido ascórbico	gramo	15
Acido benzoico	gramo	8.75
Nipagin	gramo	11
Ácido sorbico	gramo	5.40
Estreptomocina	gramo	0.60
Fumagilin-B	gramo	0.60
Agua	mililitro	3,000
Bagazo	gramo	185.19
Agar	gramo	37.50
Ácido acético	gotas	36

En el cuadro 2 se puede observar que la dieta se compone en su mayoría de harina de trigo, seguido de levadura y germen de trigo. Se utilizaron aditivos en pequeñas cantidades para evitar un cambio brusco del pH.

Una dieta con la cantidad de ingredientes descritos en el cuadro 4 da lugar a la obtención de 3,702g totales de mezcla. Se utiliza una cantidad de 10,409.16 g diarios por 5 días para sembrar un total de 100 vasos de 12oz, 16oz y 21 oz (Ver Cuadro 4).

Cada vaso fue pesado con la ayuda de una pesa analítica, se realizaron 3 dietas que daban un total 11,106g para sembrar la en la totalidad de los vasos. En el ensayo se utilizaba una cantidad de 6,156 huevecillos de *Diatraea crambidoides* (Grote) por día para sembrar en 60 vasos.

La metodología utilizada fue la siguiente: se sembraron 4 recipientes diarios por tratamiento. A su vez se realizaron 20 repeticiones por tratamiento en un total de 5 días. En total se evaluaron 100 vasos de 12 oz, 16 oz y 21oz, es decir 300 muestras en total.

Cada ingrediente utilizado en la elaboración de la dieta de *Diatraea crambidoides* (Grote) posee una función que se describe a continuación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ingredientes para la fabricación de dieta para *Diatraea crambidoides* (Grote).

Ingredientes	Función
Harina de maíz:	Se utiliza como una fuente de grasa y proteína en las dietas.
Germen de trigo:	Es utilizado como un complemento de fuentes vitamínicas E, B, como de proteínas y ácidos grasos.
Levadura:	Es una fuente principal de proteína
Ácido ascórbico:	Ayuda a prevenir la oxidación de las grasas presentes en la dieta y brinda vitamina C.
Ácido benzoico:	Es un conservante ayudando a bajar el pH de la dieta.
Nipagin:	Conservante principal función es prevenir el crecimiento de hongos y en menor grado el crecimiento de bacterias.
Ácido sorbico:	Ayuda a prevenir las bacterias, hongos es eficaz en un rango de pH menor a 6.
Estreptomina:	Antibiótico que ayuda a prevenir enfermedades en las larvas ocasionados

por los golpes o mordeduras de otras larvas.

Fumagilin-B:	Es un antibiótico que ayuda a prevenir problemas intestinales. Causadas por <i>Nosema apis</i>
Agua:	Fuente de disolvente para la realización de la dieta.
Bagazo:	Utilizado para absorber la cantidad de agua libre.
Agar:	Este compuesto ayuda a colocar la dieta con una consistencia gelatinosa.
Ácido acético:	Conservante que ayuda a bajar el pH.

Cada recipiente estuvo dividido por tratamientos que contienen distintos pesos de dieta y cantidad de huevecillos (cuadro 4).

Cuadro 4. Tratamientos y recipientes utilizados en el montaje de las pruebas.

Tratamientos	Volumen del vaso	Dieta (gramos)	huevecillos
T1 Testigo	12oz	85	50
T2	12oz	106.25	63
T3	12oz	127.5	75
T4	12oz	148.90	88
T5	12oz	170	100
T6	16oz	113.30	67
T7	16oz	141.66	84
T8	16oz	170	101
T9	16oz	198.32	117
T10	16oz	226.66	134
T11	21oz	148.75	88
T12	21oz	185.93	110
T13	21oz	223.11	132
T14	21oz	260.29	154
T15	21oz	297.5	176

El tratamiento 1 se tomó como testigo, debido a que es utilizado en el laboratorio de parasitoides del Ingenio Santa Ana para producir crisálidas de *Diatraea crambidoides* (Grote), el tratamiento 1 corresponde a un recipiente de 12oz con 85 gramos de dieta y 50 huevecillos sembrados, estos parámetros son brindados en el laboratorio que indican que una larva para completar su transformación de larva a crisálida necesita de 1.7g de dieta. Teniendo el parámetro de 1.7g de dieta por larva se aumentó la cantidad de larvas por recipiente en cada uno de los tratamientos y se agregó la cantidad de dieta necesaria por cada larva.

Se realizó la siembra de posturas de *Diatraea crambidoides* (Grote) en recipientes de distintos volúmenes (12 onzas, 16 onzas y 21 onzas) con distinta cantidad de dieta para poder evaluar el efecto que tienen los recipientes para brindar el mayor número de crisálidas sanas.

Se contó que recipiente brindo la mayor cantidad de crisálidas sanas, así como también se contó la cantidad de crisálidas deformes y se observó que recipiente brinda las mejores

características sobre el mayor número de transformaciones de larvas a crisálidas, esto debido a que no todas las larvas logran transformarse en la fecha estimada de 31 días.

Posteriormente por tratamiento se obtuvo el porcentaje de recuperación de crisálidas aptas, crisálidas machos aptos y crisálidas hembras aptas. Se obtuvieron estos datos debido a que las crisálidas se habían sexado en hembras y machos y el porcentaje de recuperación se obtenía:

- $\text{Crisálidas machos aptos} / \text{huevecillos sembrados} * 100 = \text{porcentaje de recuperación de crisálidas machos aptos.}$
- $\text{Crisálidas hembras aptas} / \text{huevecillos sembrados} * 100 = \text{porcentaje de recuperación de hembras aptas.}$
- $\text{Crisálidas aptas} / \text{huevecillos sembrados} * 100 = \text{porcentaje de recuperación de crisálidas aptas (crisálidas machos aptos + crisálidas hembras aptas).}$

Se monitoreaba la temperatura en rangos de 25 a 30 °C debido a que se considera los niveles óptimos de desarrollo en los laboratorios. Se monitorea en la mañana, medio día, y tarde utilizando termómetros digitales que cuentan las salas por un mes que es el ciclo de transformación de larva a crisálida.

A los 31 días se observaron los vasos y se dispuso a darle 4 días más, esto se hizo debido a que se encontró que había varias larvas sin transformarse a crisálidas y que algunas larvas estaban preparadas para su transformación a crisálidas (cuando las larvas están preparadas para su transformación a crisálidas son de un color muy blanco y carecen de movimiento) por lo cual se revisaron hasta los 35 días se observó que la mayoría de las larvas en los recipientes ya estaban transformadas.

Se extraían las crisálidas por recipiente que contaba con su respectiva rotulación se fue contando el número de crisálidas por tratamiento luego se fueron sexando las crisálidas (las crisálidas se pueden sexar en esta etapa debido a que en esta etapa muestran sus partes femeninas y masculinas) con ayuda de un estereoscopio se lograban distinguir el sexo de las crisálidas y fue así como se obtuvieron los datos.

5.2 INDICADORES DE RESULTADOS

Los indicadores de resultado son una herramienta de apoyo y análisis para cumplir con los objetivos de la sistematización de práctica profesional. Así mismo, los indicadores pretenden calificar y/o cuantificar la información, permitiendo obtener datos. Los indicadores de resultados son los siguientes.

- Cantidad de Crisálidas: Se contó la cantidad de crisálidas que se obtuvo en los distintos recipientes.

- Condiciones físicas de las crisálidas: se contaron las crisálidas sanas, deformes y con contricciones.

5.2.1 Análisis de resultados

Las variables del estudio fueron analizadas mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) y posteriormente, cuando fue necesario, se realizó la comparación de medias por medio de la prueba de DGC con significancia de 0.05. El análisis estadístico se realizó con el software estadístico InfoStat Versión actualizada 2017 para Windows, utilizado por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar, que es utilizado para estudios estadísticos agrícolas.

5.2.2 Diseño experimental

El modelo estadístico es el siguiente:

5.2.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico a utilizar es el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta obtenida en el i -ésimo tratamiento

U = media general de los tratamientos

T_i = efecto asociado al i -ésimo tratamiento

B_j = efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos donde se describe el proceso de recopilación de datos. En su obtención, se tomó como base la producción de crisálidas de *Diatraea crambidoides* (Grote) para ser irradiadas y luego ser liberados en su fase adulto. Esto último, con el fin de cumplir con un control autocida que consiste en la liberación de adultos estériles para reducir la población de la plaga.

Para montar el experimento se utilizaron tres distintos recipientes otorgados por la encargada de laboratorio quien a su vez proporcionó las cantidades de dieta y huevecillos necesarios para sembrar los tratamientos (cuadro 4). Cabe mencionar que para la elaboración de la dieta de *Diatraea crambidoides* (Grote) se utilizaron distintos insumos los mismos que se describen a continuación.

6.1 CRISÁLIDAS MACHOS APTOS

Se obtuvo la cantidad numérica de las crisálidas machos aptos, el sexado de las larvas se hace hasta en la etapa de crisálida debido que en esta etapa se logran diferenciar las partes masculinas y femeninas de las mismas. Para el sexado de las crisálidas extraídas de los recipientes se tomó cada crisálida y para ello se utilizó un estereoscopio. Las crisálidas se tomaban con la mano y se sujetan entre los dedos esto se hacía de esta manera por que las crisálidas se mueven y es imposible ver sus partes sexuales cuando están movimiento. El órgano sexual de las crisálidas está ubicado en la parte inferior viéndolas de enfrente, en el caso de los machos se observa dos protuberancias que definen su sexo como tal. (ver figura 12). Se clasificaron en machos aptos y deformes, se observan sus partes masculinas en la etapa de crisálidas. En esta etapa las larvas según su condición ambiental definen su sexo en hembras y machos.



Figura 12. Sexado de crisálida macho de *Diatraea crambidoides* (Grote).

Se procedió a realizar la clasificación de adultos según su sexo, para el caso de los machos aptos: son los que no presentan daño alguno en su etapa de crisálida, por el cual tienen las mejores características.

Se obtuvieron los siguientes resultados en la relación huevecillos sembrados/machos aptos (Ver Cuadro 5 y 6).

Debido a que los resultados de P-valor son menores a 0.05 (como se puede observar en el cuadro 6) se afirma que hay una diferencia estadística significativa por lo que se procedió a realizar la prueba de medias DGC (Ver Cuadro 7).

En el cuadro 7 se presenta el análisis estadístico de DGC en donde se muestra que hay diferencia estadística en los tratamientos en la obtención de crisálidas machos aptos. Los tratamientos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10) no tienen diferencia estadística y son superiores al resto en cuanto a producción de Machos Aptos.

Los tratamientos 9, 11, 12, 13, 14 y 15 conforman el segundo grupo y representan baja productividad de Machos Aptos con respecto al grupo A.

Con el análisis estadístico descrito anteriormente se puede decir que al no existir una diferencia estadística significativa en la producción de *Diatraea crambidoides* (Grote) de acuerdo al volumen del recipiente (12 y 16 oz), pero si se obtiene una diferencia estadística con resultados no deseados en el recipiente de (21 oz) que corresponde a los tratamientos (11, 12, 13, 14 y 15). No existe una mejora a la producción al aumentar las variables de dieta y huevecillos sembrados para los recipientes de (12 y 16 oz) tomados estadísticamente como los mejores (Figura 13).

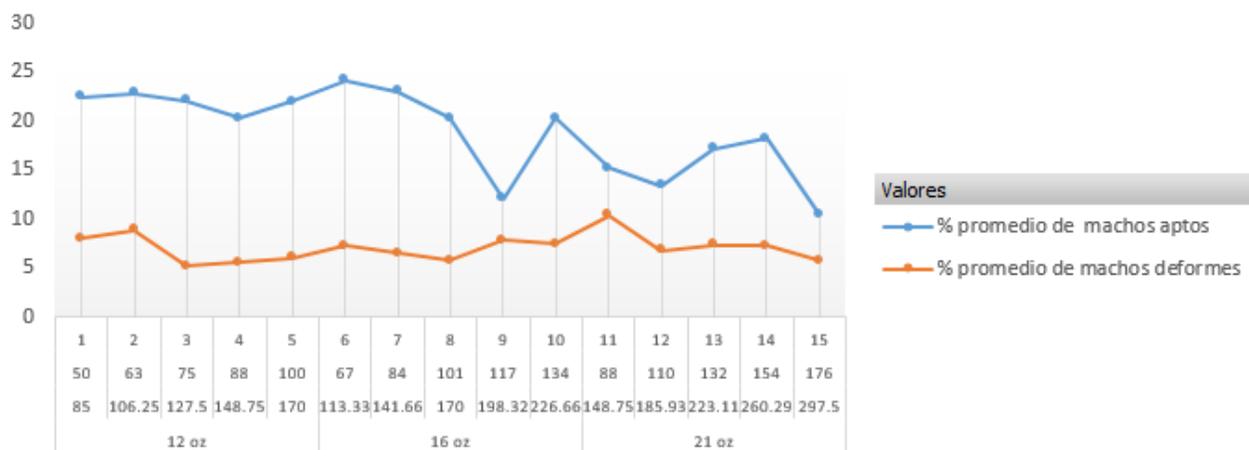


Figura 13. Curva de porcentaje de recuperación de crisálidas machos aptos por tratamientos.

La siguiente curva muestra el porcentaje de recuperación promedio de machos aptos que se obtiene: $\text{crisálidas machos aptos} / \text{huevecillos sembrados} * 100 = \text{porcentaje de recuperación de Machos Aptos}$ (figura 13).

Para obtener un diagrama representativo con respecto al ANDEVA, se utilizó el cuadro dinámico que justifica como mejor los tratamientos 6, 7, 2, 1, 3, 5, 8 y 10 y los tratamientos con resultados más bajos los tratamientos 14, 13, 11, 12, 9 y 15 (ver figura 13). El tratamiento convencional con un volumen de 12oz que corresponde al tratamiento 1 que equivale a 85g de dieta y 50 huevecillos, continúa siendo el óptimo para la obtención de *Diatraea crambidoides* (Grote) de una forma rentable de acuerdo a costos y espacio de trabajo para cumplir con los requerimientos solicitados por la empresa.

6.2 CRISÁLIDAS HEMBRAS APTAS

Se procedió a realizar la clasificación de hembras aptas. Para sexarlas se hizo el mismo procedimiento que con las crisálidas macho, se tomaban con la mano y se sujetaban con ayuda de los dedos esto se hacía para evitar que se movieran para hacer fácil observarlas en el estereoscopio. El órgano sexual de las crisálidas está ubicado en la parte inferior viéndolas de enfrente, en el caso de las hembras se observa una pequeña cicatriz vertical que define su sexo como hembra. Para el caso de las hembras se obtuvieron los siguientes resultados para la relación huevecillos sembrados/hembras aptas (Ver Cuadro 8 y 9).

Debido a que los resultados de P-valor son menores a 0.05 que se muestra (como se puede observar en el cuadro 9) se afirma que hay una diferencia estadística significativa por lo que se procedió a realizar la prueba de medias DGC (Ver Cuadro 10).

En el cuadro 10 se presenta el análisis estadístico de DGC, se muestra que hay diferencia estadística en los tratamientos en la obtención de crisálidas hembras aptas. El grupo de tratamientos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10, 11, 12, 13, 14) no tienen diferencia estadística y son superior al tratamiento 15, (ver cuadro 4) el análisis indica también que entre el tratamiento 1 hasta el tratamiento 14 no hay datos tan representativos para que sean considerados estadísticamente diferentes por lo que son clasificados con la misma letra que nos indica que estos tratamientos tienen la capacidad de producir una tasa de viabilidad de hembras aptas iguales. De todos los tratamientos el tratamiento 15 es el menos apto para producir crisálidas hembras aptas.

Para obtener datos de crisálidas hembras aptas se fue sexando clasificándolas (ver figura 14) en hembras aptas y deformes, se logran clasificar debido a que en su etapa de crisálidas se logran observar sus partes femeninas, en esta etapa las larvas según su condición ambiental logran definir su sexo en hembras y machos, se fueron contabilizando las crisálidas hembras que se obtenían por tratamiento, se logra observar por medio del ANDEVA que los tratamientos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10, 11, 12, 13 y 14) presentan las mejores características para producir crisálidas hembras aptas para ser irradiadas y luego ser liberadas en campo.

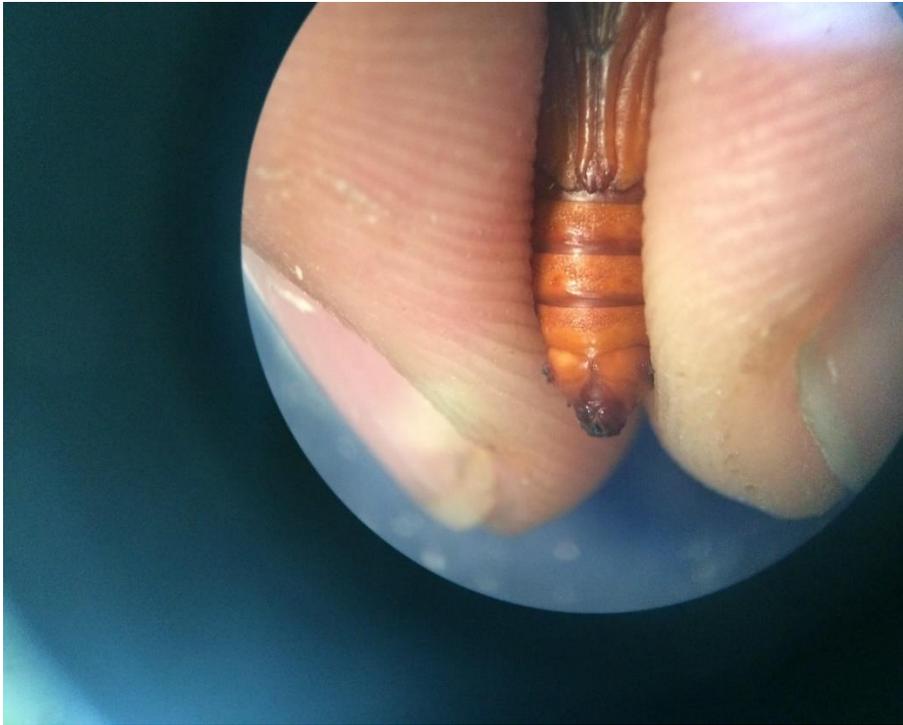


Figura 14. Sexado de crisálida hembra de *Diatraea crambidoides* (Grote).

Para obtener un diagrama representativo del ANDEVA del cuadro 11, se utilizó un cuadro dinámico que brinda la justificación como mejor los tratamientos 1, seguido de los tratamientos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10, 11, 12, 13 y 14) y el tratamiento con resultados más bajo el tratamiento 15 (figura 15).

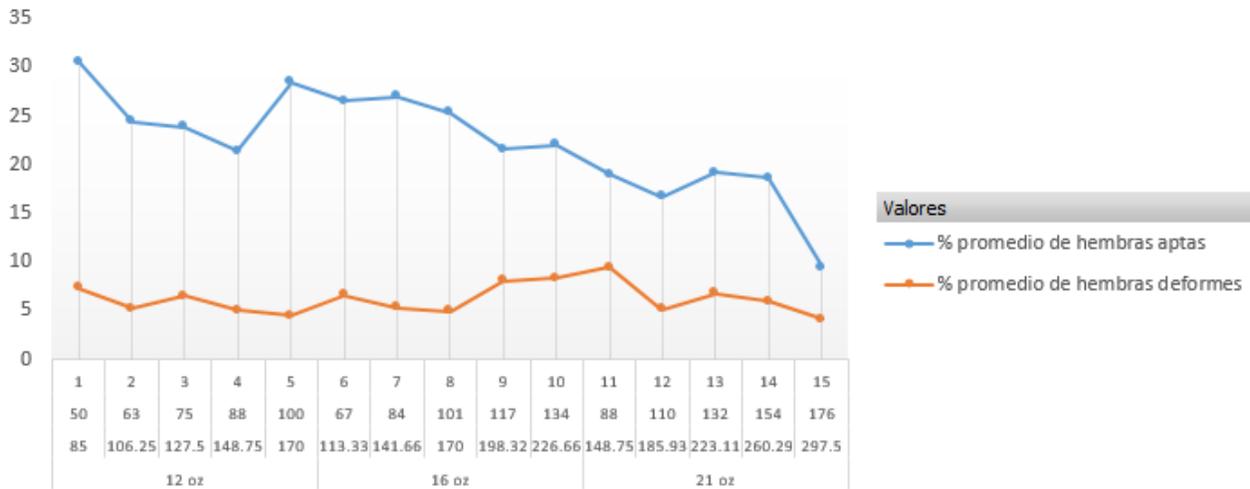


Figura 15. Curva de porcentaje de recuperación de crisálidas hembras aptas por tratamiento.

La siguiente curva muestra el porcentaje de recuperación promedio de hembras aptas que se obtiene: $\text{crisálidas hembras aptas} / \text{huevecillos sembrados} * 100 = \text{porcentaje de recuperación de hembras aptas}$ (figura 15).

Cabe mencionar que el grupo de tratamientos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 no muestran una diferencia estadística significativa entre ellos, mostrando que este grupo de tratamientos tiene los mejores resultados. Por lo que se puede concluir que el tratamiento 1, que es el estándar, es el recomendable para la producción de crisálidas hembras. Esto ya que el tratamiento 1 es el que propicia un menor costo y optimización del espacio en comparación a los otros tratamientos que demandan más gramos de dieta y dimensiones más grandes de recipiente, como la cantidad de huevecillos.

6.3 CRISÁLIDAS APTAS

Para clasificar las crisálidas aptas se tomaron los datos obtenidos anteriormente de crisálidas hembras y machos aptos y así se logró obtener el dato en general para la variable relación huevecillos sembrados/crisálidas aptas (Ver Cuadros 11 y 12).

Debido a que los resultados de P-valor son menores a 0.05 (como se puede observar en el cuadro 12) se afirma que hay una diferencia estadística por lo que se procedió a realizar la prueba de medias DGC (Ver Cuadro 13).

El análisis estadístico por medio de DGC muestra que hay diferencia estadística en los tratamientos en la obtención de crisálidas aptas en la cual brinda los resultados que se obtienen datos más representativos en los tratamientos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10) estos tratamientos muestran que estadísticamente no presentan diferencia alguna por lo tanto son considerados iguales. Según el análisis brindado por DGC (ver cuadro 13) indica que estos tratamientos son los datos más representativos de los otros tratamientos para la producción de crisálidas aptas (ver cuadro 4).

Por otra parte, los tratamientos (14, 13, 11, 9 y 12) indicados en el cuadro 13 muestran estadísticamente datos inferiores a los tratamientos antes descritos por lo que muestran diferencia estadística demostrando que se obtienen resultados porcentuales de las medias que son estadísticamente bajos y que se consideran inferiores a los otros tratamientos. Por último, con resultados muy inferiores a los otros tratamientos antes descritos se tiene el tratamiento 15 los datos obtenidos demuestran estadísticamente que los resultados son muy inferiores a los tratamientos anteriores y demostrando las peores características para la producción de crisálidas aptas.

Con la ayuda de la utilización de cuadro dinámico se logra obtener un diagrama representativo del ANDEVA (ver cuadro 13) ayuda a brindar información sobre los

tratamientos de la primera clasificación los tratamientos (1, 6, 5, 7, 2, 3, 8, 10 y 4), segunda clasificación los tratamientos (14, 13, 11, 9 y 12) y por último como tercera clasificación el tratamiento 15 (Figura 16).

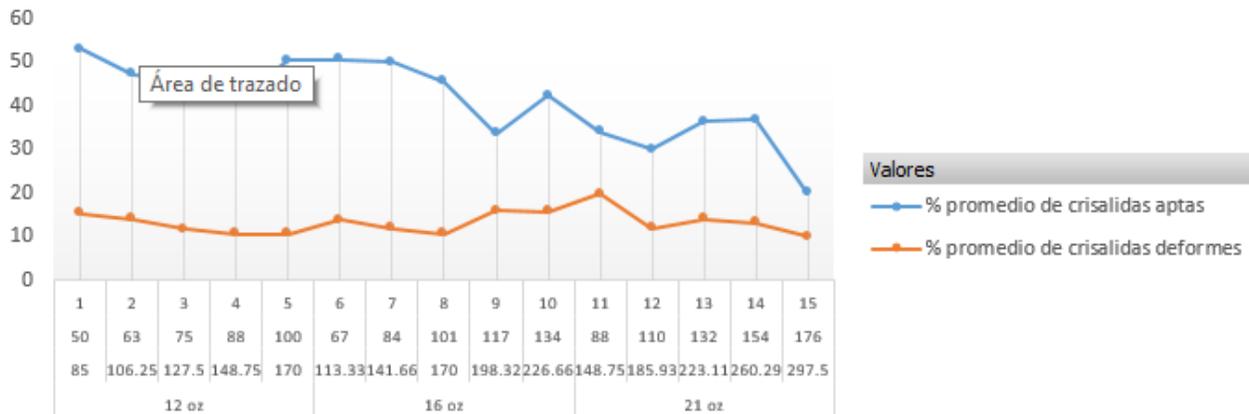


Figura 16. Curva de porcentaje de recuperación de crisálidas aptas por tratamiento.

La siguiente curva muestra el porcentaje de recuperación promedio de crisálidas aptas que se obtiene: $\text{crisálidas aptas} / \text{huevecillos sembrados} * 100 = \text{porcentaje de recuperación de crisálidas aptas (crisálidas machos aptos + crisálidas hembras aptas)}$ (figura 16).

Con los resultados obtenidos se considera como mejor opción el tratamiento de 12 oz con 85g de dieta y 50 huevecillos es el que corresponde al tratamiento 1 (ver cuadro 4), es el más óptimo para la obtención de crisálidas aptas de *Diatraea crambidoides* (Grote) considerando el más rentable de acuerdo a los costos debido a que no hay un recargo económico en la obtención y utilización de la materia prima para la producción de crisálidas aptas no habría necesidad de adquirir nuevos recipientes, ni nuevas bandejas que son utilizadas para colocar los vasos de producción. En cuestiones de espacio es considerado el más rentable, íntegro que es el recipiente que utiliza el menor espacio y produce una cantidad estadísticamente igual al primer grupo de tratamientos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10) que son los más aptos.

En el laboratorio se encontraron problemas de contaminación dentro de los recipientes, que contienen la dieta y las larvas, se forma un micelio de color verde este agente patógeno se presenta de los 22 días en adelante, pero no se presenta en todos los lotes de recipientes hay recipientes que se encuentran contaminados, pero hay recipientes que están a la par están libres de micelio, esta contaminación afecta en el proceso de producción de crisálidas. El problema se puede deber al tiempo de homogenización de la mezcla entre los ácidos utilizados como preservantes, las harinas (harina de maíz, germen de trigo y levadura) y el bagazo de caña utilizadas como alimento de las larvas. Las harinas y el bagazo son anteriormente autoclaveados para poder ser usados en la dieta.

Los reactivos se disuelven sin problema en el agua luego de un tiempo de mezcla se logra ver la mezcla homogénea, luego se le agrega la harina de maíz, el germen de trigo y la levadura la mezcla se logra observar que tiene una apariencia pastosa líquida, debido a que las harinas mezcladas con el agua tienen una capacidad de absorción pero estas no logran absorber toda el agua y dejan agua libre dentro de la mezcla y es por eso que se le agrega bagazo de caña al agregarlo a la mezcla se observa que el bagazo logra absorber el agua libre formando la mezcla mucho más pastosa sin agua.

Debido a que la mezcla se observa con una consistencia muy espesa se puede tomar en cuenta que puede haber partes dentro de la mezcla que por ser tan consistente no logra brindar una homogeneidad con el bagazo y las harinas y esto provoca que lotes de recipientes se contaminen y otros lleguen sin contaminación al final del ciclo de las larvas para que se transformen en crisálidas. El tiempo de mezcla puede ser primordial para evitar contaminación en las dietas.

Tener un área de trabajo aséptica puede ser indispensable para bajar la carga de agentes patógenos, limpiar los recipientes antes de ser utilizados podría ayudar a

descontaminarlos, la higiene del personal es indispensable para tener áreas de trabajo asépticas. Hacer plaqueos con más frecuencia en las salas del laboratorio con medio PDA contribuiría para saber cuándo una sala está contaminada, da como resultado que la caja Petri con medio PDA se contamine con micelio, si el resultado es positivo que la sala está contaminada el personal de limpieza procede a descontaminarla lavándola con cloro comercial.

7 CONCLUSIONES

Se determinó estadísticamente que los recipientes que brindaron los mejores resultados de viabilidad fueron los de 12 oz y 16 oz, por lo cual estos dos recipientes son los más aptos para la producción de adultos de *Diatraea crambidoides* en condiciones de laboratorio.

Se estableció que estadísticamente los recipientes que brindaron los resultados más representativos con respecto al estado físico de las crisálidas son los recipientes de 12 oz y 16 oz.

Se determina que, a menor densidad de huevecillos sembrados por recipiente, se obtiene un mayor porcentaje de recuperación de crisálidas aptas de *Diatraea crambidoides* (Grote).

Se determina que, a mayor cantidad de dieta por recipiente, se obtiene un menor porcentaje de recuperación de crisálidas aptas de *Diatraea crambidoides* (Grote).

8 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar utilizando el tratamiento 1 de 12oz, 85g de dieta y 50 huevecillos, ya que representa la mayor cantidad de adultos aptos y mejores condiciones de manejo y costos.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Barrera, J. (1996). *Simposio nacional de plagas de la caña de azucar*. Guatemala: por Asociación de técnicos azucareros de Guatemala (ATAGUA) y Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azucar (CENGICAÑA).
- Collazo, D. (1984). *Revisión de la literatura mundial sobre el barrenador de la caña de azúcar*. Cuba : CIDA.
- Cruz urrutia, J. F. (1992). *Determinación del porcentaje óptimo de sacarosa y evaluación del germen de trigo como fuente de esteroides en la dieta artificial de la mosca del mediterráneo* . Guatemala: Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Davidson, R. (1992). *Plagas de insectos agrícolas y del jardín*. Mexico: por Editorial LIMUSA S.A.
- Durán Ramírez, F. (2013). *Control biológico de plagas* . Colombia: por Grupo Latino E.D.I.T.O.R.E.S .
- Flores Caceres, S. (1994). *Plagas de la caña de azucar en México*. México: Printed and made in México.
- Flores, S. (1980). *Manual de caña de azucar*. Guatemala: por Instituto Tecnico de Capacitacion y Productividad (INTECAP).
- Franco Herrarte, J. A. (2015). *Propuesta de plan piloto de manejo de desechos sólidos en finca agrícola de un ingenio azucarero*. Guatemala: Sistematización de práctica profesional; Universidad Rafael Landívar.
- González Midence , R. E. (2007). Elaboración de la documentación previa a la certificación ISO 9001, del laboratorio de producción de hongo *Metarhizium*, en Ingenio Santa Ana. Guatemala: Tesis Ingeniero Industrial Universidad San Carlos de Guatemala.
- ICA, I. C. (2007). *Control de plagas y enfermedades en los cultivos*. Colombia: Por Latino Ediotas S.A. .
- Lastra, L. (1997). *La cría de Diatraea saccharalis para la producción masiva de sus enemigos naturales*. Colombia: CENICAÑA.
- Márquez , J. (2012). El manejo Integrado de plagas. En M. Melgar , A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinosa, *El cultivo de la caña de azucar en Guatemala* (pág. 479). Guatemala: Artemis Edinter S.A.
- Matthews. (1996). *Simposio nacional de plagas de la caña de azucar*. Guatemala: por Asociación de técnicos azucareros de Guatemala (ATAGUA) y Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azucar (CENGICAÑA).

- Meléndrez García, C. M. (2015). *Generalidades del insecto Aprostocetus esurus (Hymenoptera: Eulophidae: tetrastichinae) como parasitoide de crisálidas de insectos Lepidópteros*. Guatemala: por Técnico Universitario en productos agrícolas de exportación.
- Melgar, Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O., & Espinosa, R. (2012). *El cultivo de la caña de azúcar e Guatemala*. Guatemala: Por Artemis Editer S.A.
- Michigan, U. o. (05 de Junio de 2014). *Animal Diversity web*. Obtenido de http://animaldiversity.org/accounts/Diatraea_crambidoides/classification/
- Ministerio de agricultura y riego. (2015). *SENASA*. Obtenido de <http://www.senasa.gob.pe/senasa/control-integrado/>
- Morales Molina, M. d. (2008). *Evaluación de cuatro parasitoides para el control de dos especies de Barrenadores Diatraea saccharalis fabricius y Diatraea crambidoides grote en caña de azúcar a nivel de laboratorio*. Guatemala : Tesis; Universidad San Carlos de Guatemala .
- Ovalle. (1997). *Estimación de pérdidas de azúcar causadas por el barrenador del tallo Diatraea sp. en caña de azúcar*. Guatemala: por CENGICAÑA.
- 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 Escuintla*. Guatemala: Tesis Ing. Agro Universidad San Carlos de Guatemala.
- Situn , M. (1996). *Guía para el análisis económico de resultados experimentales*. Guatemala.
- Situn, J., & Ayquipa, G. (1978). Crianza masiva de Diatraea saccharalis en dieta artificial para propagación de su parásito Paratheresia claripalpis. *Revista Peruana de Entomología*, 56.
- Smith. (1968). *Insect colonizthion and mass production*. EE.UU.: Academy of EE. UU.
- Solares, P. (2008). *Elaboración de la documentación previa a la Certificación ISO 9001:2000, del laboratorio de parasitoides Cotesia Flavipes, Ingenio Santa Ana*. Guatemala: Tesis Ingeniero Industrial Universidad San Carlos de Guatemala.
- Subirós, F. R. (2000). *Caña de azúcar* . Costa Rica : EUNED.
- Toledo Perdomo, C. E. (1999). *Evaluación de cinco dietas artificiales para la crianza en laboratorio del barrenador de la caña de azúcar Diatraea crambidoides*. Guatemala : Tesis: Ing. Agro Universidad San Carlos de Guatemala.
- Wells, B. (2001). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: por Artemis Edinter S.A.

10 ANEXOS

Cuadro 5. Análisis de varianza machos aptos.

Análisis de varianza.

variable	N	R ²	R ² Aj	CV
machos aptos	300	0.15	0.11	53.03

Cuadro 6. Análisis de la varianza machos aptos (SC tipo III).

F.V	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	5271.39	14	376.53	3.73	<0.0001
Tratamiento	5271.39	14	376.53	3.73	<0.0001
Error	28788.80	285	101.01		
Total	34060.19	299			

Cuadro 7. Análisis de DGC machos aptos.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=6.6163					
Error : 101.0133 gl: 285					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
6	24.19	20	2.25	A	
7	23.09	20	2.25	A	
2	22.85	20	2.25	A	
1	22.5	20	2.25	A	
3	22.07	20	2.25	A	
5	22.05	20	2.25	A	
8	20.3	20	2.25	A	
10	20.29	20	2.25	A	
4	20.28	20	2.25	A	
14	18.24	20	2.25		B
13	17.2	20	2.25		B
11	15.22	20	2.25		B
12	13.41	20	2.25		B
9	12.13	20	2.25		B
15	10.49	20	2.25		B

Cuadro 8. Análisis de varianza hembras aptas.

Análisis de varianza.

variable	N	R ²	R ² Aj	CV
hembras aptas	300	0.19	0.15	49.36

Cuadro 9. Análisis de la varianza hembras aptas (SC tipo III).

F.V	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	7874.12	14	562.44	4.65	<0.0001
Tratamiento	7874.12	14	562.44	4.65	<0.0001
Error	34451.07	285	120.88		
Total	42325.18	299			

Cuadro 10. Análisis de DGC hembras aptas.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=7.2377					
Error : 120.8809 gl: 285					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
1	30.6	20	2.46	A	
5	28.45	20	2.46	A	
7	26.96	20	2.46	A	
6	26.49	20	2.46	A	
8	25.3	20	2.46	A	
2	24.44	20	2.46	A	
3	23.86	20	2.46	A	
10	22.06	20	2.46	A	
9	21.58	20	2.46	A	
4	21.42	20	2.46	A	
13	19.2	20	2.46	A	
11	18.97	20	2.46	A	
14	18.6	20	2.46	A	
12	16.73	20	2.46	A	
15	9.45	20	2.46	B	

Cuadro 11. Análisis de varianza crisálidas aptas.

Análisis de varianza.

variable	N	R ²	R ² Aj	CV
crisálidas aptas	300	0.18	0.14	48.07

Cuadro 12. Análisis de la varianza crisálidas aptas (SC tipo III).

F.V	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	23958.81	14	1711.34	4.36	<0.0001
Tratamiento	23958.81	14	1711.34	4.36	<0.0001
Error	111942.49	285	392.78		
Total	135901.31	299			

Cuadro 13. Análisis de DGC crisálidas aptas.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=13.0466					
Error : 392.7807 gl: 285					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
1	53.1	20	4.43	A	
6	50.68	20	4.43	A	
5	50.5	20	4.43	A	
7	50.05	20	4.43	A	
2	47.3	20	4.43	A	
3	45.93	20	4.43	A	
8	45.59	20	4.43	A	
10	42.34	20	4.43	A	
4	41.71	20	4.43	A	
14	36.86	20	4.43		B
13	36.4	20	4.43		B
11	34.2	20	4.43		B
9	33.71	20	4.43		B
12	30.15	20	4.43		B
15	19.94	20	4.43		C



Figura 17. Caja de emergencia de crisalidas hembras y machos.



Figura 18. Adultos emergidos en cajas de emergencia.



Figura 19. Tubos de 16" pulgadas de oviposición de huevecillos con papel mantequilla.



Figura 20. Tubos de 16"pulgadas armados con 20 hembras y 30 machos.

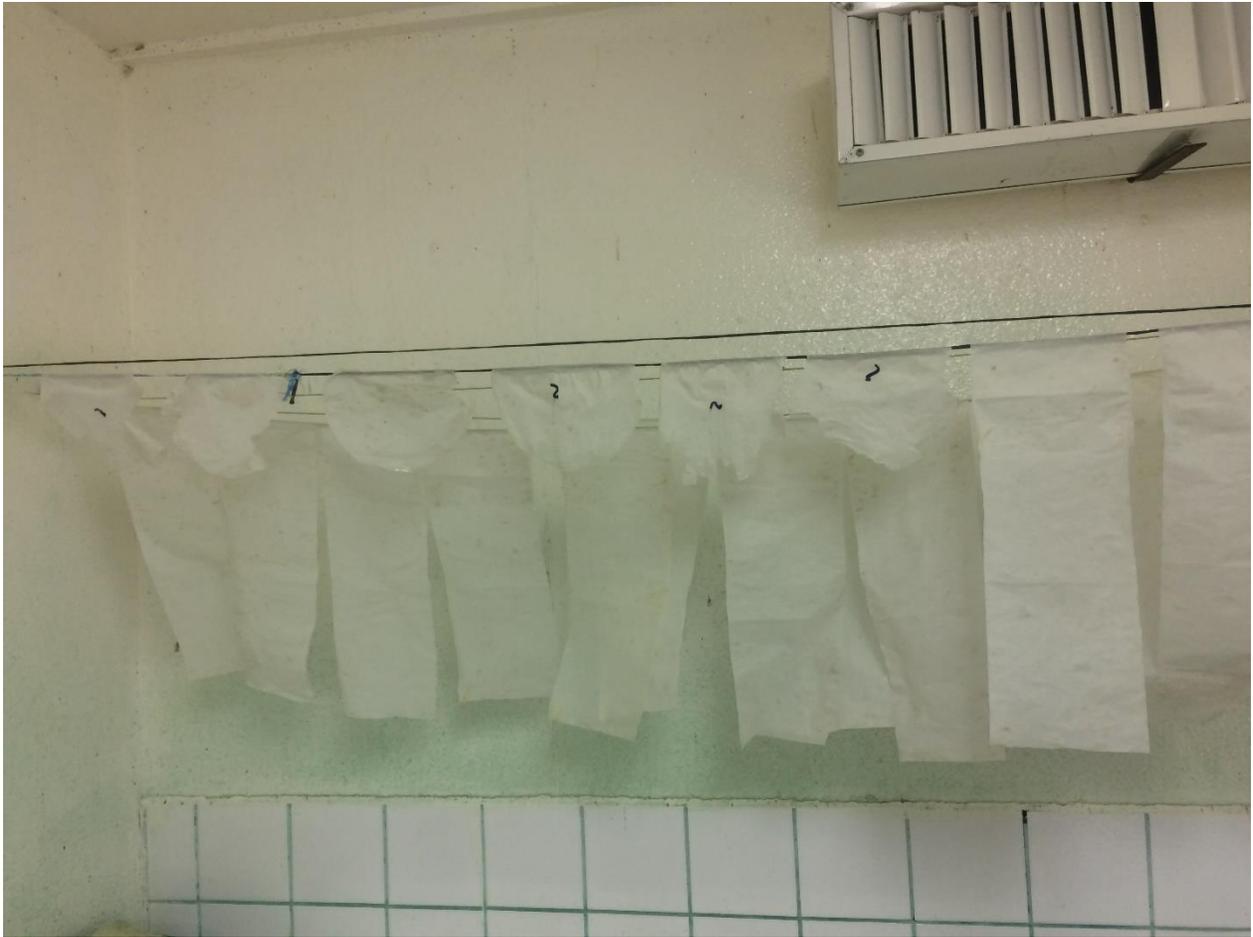


Figura 21. Papeles tratados listos para el corte de posturas.

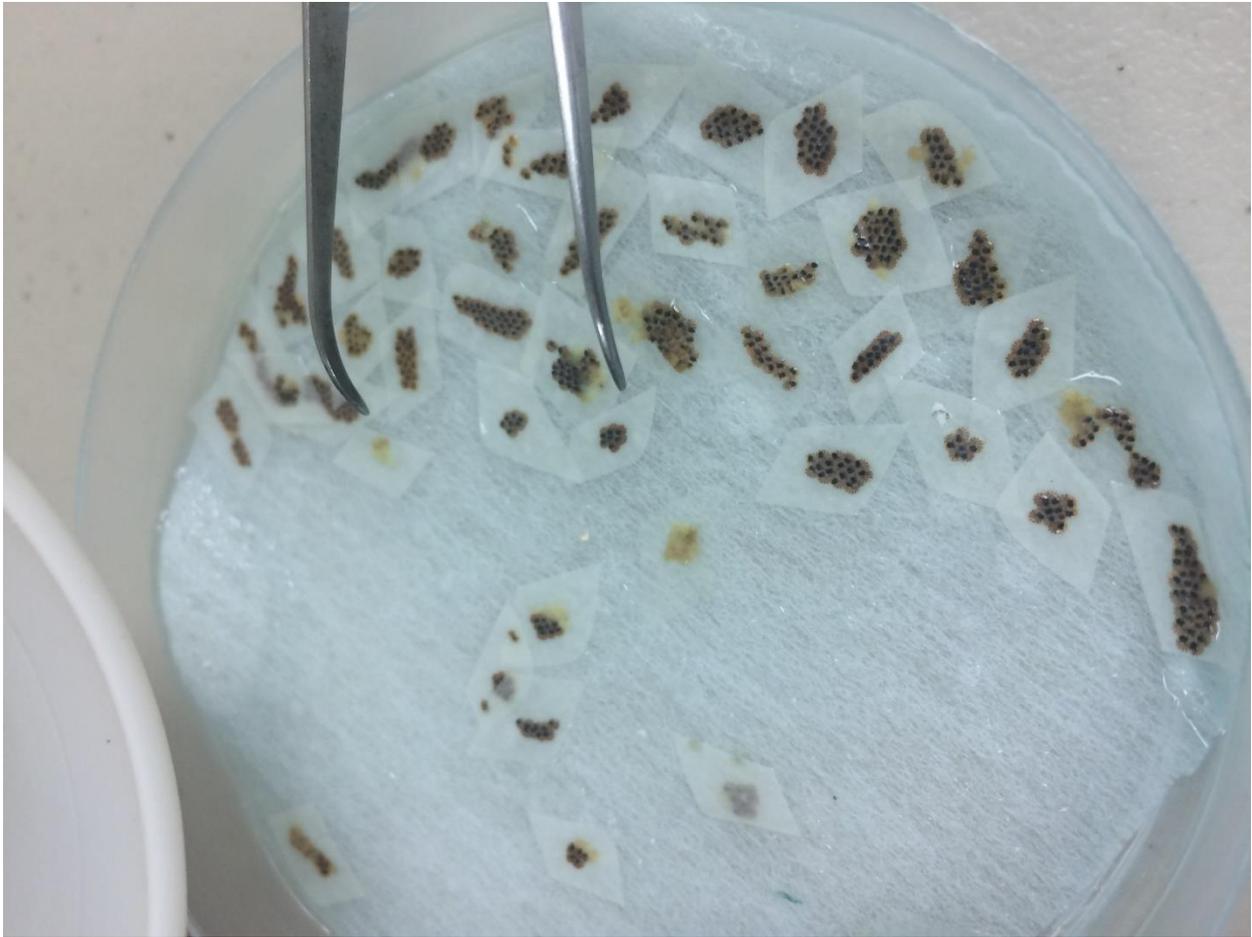


Figura 22. Posturas cortadas colocadas en cajas Petri con papel filtro y sulfato de cobre.



Figura 23. Batidora utilizada para la mezcla de reactivos, harinas y agar.



Figura 24. Harinas autoclaveadas listas para mezclar.



Figura 25. Estufa y olla utiliza para que hierva el agar.



Figura 26. Vasos evaluados.



Figura 27. Tratamientos en sala de desarrollo con deshumificadores y temperatura controlada.



Figura 28. Dieta extraída de los vasos luego de los 35 días.