

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

RESIDUALIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LARVAS
DEL BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*, Lepidóptera), ESCUINTLA
TESIS DE GRADO

EDY DANIEL TORRES RAMIREZ
CARNET 24350-07

ESCUINTLA, JULIO DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

RESIDUALIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LARVAS
DEL BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*, Lepidóptera), ESCUINTLA
TESIS DE GRADO

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

POR
EDY DANIEL TORRES RAMIREZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, JULIO DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, 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

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. JOSE MANUEL MARQUEZ HERNANDEZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES

MGTR. DANILO ERNESTO DARDÓN ÁVILA

LIC. HECTOR HUGO HIDALGO RAMIREZ

Escuintla 6 de julio de 2015

Señores miembros
Comité de tesis
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR

Distinguidos miembros:

Por este medio me permito que tuve a bien asesorar al alumno Edy Daniel Torres Ramírez, que se identifica con Carné 24350-07, en la ejecución de la tesis titulada: **“RESIDUALIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LARVAS DEL BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*, Lepidóptera), ESCUINTLA”**, y realice las correcciones necesarias al informe final de la tesis, el cual considero que cumple con los requisitos de la Universidad para ser aprobado, por lo cual solicito que se le den los trámites correspondientes a la presente tesis.

Atentamente,



F _____
Ing. Agr. José Manuel Márquez Hernández

Colegiado No. 978



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06317-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante EDY DANIEL TORRES RAMIREZ, Carnet 24350-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0667-2015 de fecha 6 de junio de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

RESIDUALIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LARVAS DEL BARRENADOR (*Diatraea cramboides*, Lepidóptera), ESCUINTLA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 3 días del mes de julio del año 2015.


LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
, VICEDECANA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por permitirme la vida, la oportunidad y la fortaleza para alcanzar este logro. “Todo lo permite el Señor. Lam 3:16” yo te agradezco mi Dios.

A MIS PADRES

Por el apoyo incondicional en el alcance de este logro.

A LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR

Por proporcionarme la formación profesional de esta carrera.

A CENGICAÑA

Por el apoyo brindado y por permitirme realizar mi trabajo de investigación.

AL INGENIERO JOSE MANUEL MARQUEZ HERNANDEZ

Por la orientación en el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

A:

DIOS:

Tú eres, Señor, quien provees todas las cosas, nos ayudas, nos bendices, nos iluminas y nos cuidas en cada segundo de nuestra vida.

MIS PADRES:

Pascual Torres Alonzo y Humberta Sara Ramírez de Torres, quienes siempre con esfuerzo me han enseñado el camino correcto en todos los aspectos de la vida.

MIS HERMANOS:

Wuilliam Oswaldo Torres R., Londi Emilse Torres R., Pablo Samuel Torres R.

MI ESPOSA:

Flor de María González por su amor y apoyo incondicional.

**MIS COMPAÑEROS
DE TRABAJO:**

En especial a José Ernesto Pérez Gabriel (Neto) y Elías Raúl de León (el gordito), por la amistad, apoyo y colaboración.

MIS FAMILIARES:

Con mucho afecto fraternal.

MIS AMIGOS:

Aldo Salazar, Salomón García, Claudia López, Cecilia Falla, Byron Ramírez, Kevin López, Cristian Rodríguez, Mynor Catalán, Damaris Marroquín, Patricia Aguirre, Aristeo Ortiz, Gerson García.

**MIS COMPAÑEROS
DE ESTUDIO:**

Aldo Salazar, Héctor Chenal, José Cuyuch, Juan Ramón, Laura Maltez, Ariel López.

ÍNDICE GENERAL

Cap.	Contenido	Página
	RESUMEN	i
	ABSTRACT	ii
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	3
	2.1 ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
	2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
	2.3 FENOLOGÍA DEL CULTIVO	4
	2.4 PRINCIPALES PLAGAS	4
	2.4.1 Rata cañera (<i>Sigmodon hispidus</i> , <i>Orizomys</i> spp.)	4
	2.4.2 Chinche salivosa (<i>Aeneolamia</i> spp. y <i>Prosapia</i> spp.)	5
	2.4.3 Barrenadores del tallo (<i>Diatraea</i> spp. y <i>Phassus phalerus</i>)	5
	2.5 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL BARRENADOR DE LA CAÑA	5
	2.6 ESPECIES DE IMPORTANCIA EN GUATEMALA	7
	2.6.1 Fase del ciclo de la caña en que se presenta la plaga del barrenador y factores que la afectan	7
	2.7 ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR	8
	2.8 CONTROL BIOLÓGICO	9
	2.9 CONTROL QUÍMICO	10
	2.9.1 Metabolismo de pesticidas en plantas	14
III.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	16
	3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	16
IV.	OBJETIVOS	17
	4.1 OBJETIVO GENERAL	17
	4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
V.	HIPÓTESIS	18
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	19

Cap.	Contenido	Página
	6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO	19
	6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	19
	6.3 FACTORES ESTUDIADOS	20
	6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	20
	6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	21
	6.6 MODELO ESTADÍSTICO	21
	6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL	21
	6.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO	22
	6.8.1 Fase de invernadero	22
	6.8.2 Fase de laboratorio	23
	6.9 VARIABLES DE RESPUESTA	24
	6.10 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	24
	6.10.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
VIII.	CONCLUSIONES	33
IX.	RECOMENDACIONES	34
X.	BIBLIOGRAFÍA	35
XI.	ANEXOS	39

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Contenido	Página
Cuadro 1.	Duración de las etapas fenológicas en el cultivo de caña de azúcar.	4
Cuadro 2.	Distribución de <i>Diatraea</i> spp. en caña de azúcar en América Latina y el Caribe.	6
Cuadro 3.	Ficha técnica del producto comercial Coragen 20 SC.	11
Cuadro 4.	Ficha técnica del producto comercial Takumi 20 WG.	12
Cuadro 5.	Ficha técnica del producto comercial Certero 48 SC.	13
Cuadro 6.	Tratamientos que se asperjaron a las plantas a la edad de dos meses bajo invernadero.	20
Cuadro 7.	Épocas de corte de tejido foliar en las plantas.	23
Cuadro 8.	Promedio de mortalidad en larvas de <i>Diatraea nr crambidoides</i> en cada época de evaluación (días después de la aspersión).	26
Cuadro 9.	Porcentaje de mortalidad para cada época de evaluación.	27
Cuadro 10.	Promedio de mortalidad según los productos para las épocas 1 a 6.	27
Cuadro 11.	Promedio de la mortalidad de cada día.	28
Cuadro 12.	Respuesta de mortalidad de las larvas de <i>Diatraea nr crambidoides</i> a tres insecticidas.	29
Cuadro 13.	Porcentaje de los síntomas en larvas como respuesta del efecto de los productos.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Contenido	Página
Figura 1.	Cámara húmeda conteniendo una porción de tejido foliar y una larva de la especie <i>Diatraea nr crambidoides</i> .	20
Figura 2.	Unidades experimentales conteniendo tejido y una larva de <i>Diatraea nr crambidoides</i> .	21
Figura 3.	Recipientes con yemas y plantas crecidas listas para la aspersión.	22
Figura 4.	Forma de la aspersión del producto químico a las plantas de caña.	23
Figura 5.	Porcentaje de mortalidad de larvas en cada época de evaluación, durante 65 dda.	26
Figura 6.	Distribución del porcentaje de mortalidad observado en el periodo de 1 a 8 días.	29
Figura 7.	Distribución probabilística de los tiempos letales Probit (TL ₅₀ , TL ₉₀).	30
Figura 8.	Izquierda larva contraída e hinchada, derecha larva sana	31
Figura 9.	Larvas muertas por la interrupción de la ecdisis (mudación)	32
Figura 10.	Larvas con protuberancia en la parte media y final del abdomen	32

RESIDUALIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LARVAS DEL BARRENADOR (*Diatraea crambidoides*, Lepidóptera), ESCUINTLA

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el período residual, el tiempo letal y caracterizar los síntomas causados en larvas del barrenador de la caña, por tres productos químicos usados para su control, bajo condiciones de invernadero, aplicados a plantas de caña de azúcar, en maceta, a la edad de dos meses. La investigación se realizó en el programa MIP del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Los productos y las dosis evaluadas fueron: Chlorantraniliprole, a 100 cc/ha; Flubendiamida, a 100 g/ha; y Triflumuron, a 100 cc/ha, todos en un volumen de 300 l/ha. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis repeticiones, con arreglo bifactorial. Las variables de respuesta fueron: porcentaje de mortalidad, día a muerte y los síntomas caracterizados. Los resultados obtenidos mostraron que el periodo residual de Chlorantraniliprole llega a 55 días, con valores de 56.7% sobre la mortalidad de larvas de *Diatraea nr crambidoides*, y para Triflumuron y Flubendiamida, el período residual fue de 23 días, con valores de 56.6% a 66.6%. En el tiempo letal los productos no mostraron diferencias y las larvas infectadas mueren entre los días 5 al 7. El síntoma determinante que mostraron las larvas infectadas por Chlorantraniliprole y Flubendiamida fue la discontinuidad en el desarrollo corporal e hinchazón con 64.2% y 60.4% respectivamente, y para Triflumuron, el síntoma determinante fue la mudación incompleta de las larvas, con un 64.3%. Los resultados permiten definir y desarrollar estrategias para eficientizar la frecuencia de aplicación de estos productos, para lograr un control satisfactorio en el manejo integrado del barrenador de la caña de azúcar. Se recomienda hacer evaluaciones a campo abierto, ya sea en macetas o campo definitivo, para validar estos resultados.

RESIDUALITY OF CHEMICAL PRODUCTS USED LIKE A CONTROL OF SUGAR CANE BORER LARVAE (*Diatraea crambidoides*, Lepidoptera); ESCUINTLA.

ABSTRACT

The main objective of the study was to determine residual period and lethal time and characterize the symptoms caused to sugar cane borer using three different chemical products for their control, under greenhouse conditions, applied to two month old sugar cane plants in pots. The research was conducted in the Integrated Pest Management Program of the Guatemalan Sugar Cane Research Center (CENGICAÑA), located in Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. The products evaluated and their respective doses: Chlorantraniliprole, 100 cc/ha; Flubendiamide, 100 g/ha; and Triflumuron, 100 cc/ha, all in a volume of 300 l/ha. A completely randomized design with six replications was used with bifactorial arrangement. The response variables were: mortality rate, day at death and characterized symptoms. Results showed that the residual period for Chlorantraniliprole reaches 55 days, with values of 56.7% on the mortality of *Diatraea nr crambidoides*, and for both Flubendiamide and Triflumuron, the residual period was 23 days, with mortality values of 66.6% and 56.6%, respectively. On lethal time, there was no difference among the products and all infected larvae died between days 5 to 7. The most relevant symptom showed by larvae infected by Chlorantraniliprole and Flubendiamide was interrupted body development and swallowing on 64.2% and 60.4% of the population, respectively, and for those larvae infected by Triflumurón, the most important symptom in 64.3% of cases was incomplete molting of larvae. These results allow to define and develop strategies to optimize frequency on application of these products, to achieve satisfactory control in the integrated management of sugar cane borer. To validate these results, it is recommended to perform evaluations in the open field, in pots or under field conditions.

I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es actualmente cultivada en más de 100 países, en aproximadamente 20 millones de hectáreas, en donde se producen 1,300 millones de toneladas de caña (D'Hont, Souza, Menossi, Vincentz, van-Sluys, Glaszmann, y Ulian, 2008). También es considerada como uno de los más importantes cultivos para satisfacer las demandas mundiales de bio-energía.

En Guatemala el aumento en la productividad ha sido notable en los últimos 20 años. En la década de 1980-1990 se produjeron en promedio 6.77 toneladas de azúcar por hectárea (TAH), mientras que en la década 2000-2010 el promedio fue de 10.11 toneladas (CENGICAÑA, 2012).

La caña de azúcar es un cultivo de mucha importancia en Guatemala, país que se encuentra posicionado como el cuarto mayor exportador de azúcar en el mundo, y se ubica en la tercera posición en producción por hectárea. En la zafra 2011-2012 la producción de azúcar fue de 2.5 millones de toneladas métricas. Esto representa el 29.83 % del valor total de la exportación agrícola guatemalteca y 13.91 % de las exportaciones totales del país. La industria azucarera genera 350,000 empleos directos e indirectos. Durante el año 2011 el azúcar y la melaza produjeron un ingreso de 702.9 millones de dólares (ASAZGUA, 2012).

El azúcar es el segundo producto agrícola en Guatemala en generación de divisas, constituyéndose en una importante contribución a la economía nacional. El cultivo es afectado por diferentes plagas, las cuales afectan directa o indirectamente su producción, entre ellas, insectos barrenadores del tallo, del género *Diatraea*, que en poblaciones altas reducen el rendimiento e incrementan los costos de producción, y si adicionalmente la estrategia de manejo no es la adecuada, se pueden causar trastornos ecológicos que ponen en peligro la sostenibilidad del cultivo.

El barrenador del tallo representa una plaga de importancia económica en la producción de caña en Guatemala, cuyo monitoreo se realiza en al menos 103 mil hectáreas (CENGICAÑA, 2011) y de éstas, el 42.9 y 24.5 por ciento corresponden al

estrato litoral y estrato bajo, respectivamente, debido a que constituyen la región de mayor ocurrencia y daño.

Con base en el mapa de daño, el área con daño superior al cinco por ciento de entrenudos dañados, medidos en cosecha para la zafra 2010-2011, fue de al menos 8,513 hectáreas, no obstante, la mayoría de umbrales de acción en los ingenios oscilan entre 2 y 3 por ciento, lo que presume una mayor cantidad de área con requerimiento de control (CENGICAÑA, 2011).

El daño directo de *Diatraea* reduce el tonelaje (8.3 por ciento) e indirectamente provoca pérdida de la calidad del jugo al permitir la entrada del hongo responsable del muermo rojo (*Colletotrichum falcatum*), por lo que según estudios realizados por Márquez, Hidalgo, Barrios, Sánchez, Solares y López (2003), las pérdidas en azúcar pueden llegar hasta 0.31 kilos de azúcar por cada 1 por ciento de intensidad de infestación por tonelada corta de caña. Parte de la búsqueda del manejo integrado del barrenador en caña de azúcar ha sido la implementación del uso de nuevos productos bio-rationales, explorando diferentes sustancias de origen natural como extractos vegetales, aceites insecticidas e insecticidas inorgánicos. Es por ello que se planteó esta propuesta de investigación, con el propósito de determinar la residualidad de tres productos químicos: Chlorantraniliprole, Triflumuron y Flubendiamida, para su incorporación como opciones de apoyo a los programas de manejo integrado del barrenador.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar *Saccharum officinarum* es una gramínea originaria de la India, cuya distribución a los países del continente asiático se pierde en la historia de la época antigua. En China apareció 800 años A.C. y se utilizaba en el pago de tributos y contribuciones (Flores, 1994).

Cristóbal Colón, en su segundo viaje, llevó esquejes de caña de las islas Canarias a la isla llamada actualmente República Dominicana. Este cultivo se desarrolló entre 1500 y 1600 en la mayoría de los países tropicales de América (Antillas, México, Brasil y Perú) y durante mucho tiempo ha sido su principal riqueza agrícola (Flores, 1994).

Para el caso de Guatemala, es a Pedro de Alvarado al que se le atribuye la introducción, siendo cerca de San Jerónimo Baja Verapaz, en donde se establecieron los primeros trapiches y luego se extendió hacia el sur, desde Antigua Guatemala hasta Escuintla y Santa Rosa (Guerra, 2000).

2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

De acuerdo a Quijandria (2012), la caña de azúcar está ubicada taxonómicamente de la siguiente manera:

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Tribu: Andropogonae

Género: *Saccharum*

Especie: *officinarum* L.

2.3 FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Según Castro (2005), en el ciclo de la caña de azúcar se diferencian claramente cuatro etapas de desarrollo: iniciación; macollamiento; rápido crecimiento o elongación; y la maduración. En el cuadro 1 se describe la duración de las etapas fenológicas del cultivo, según estudios realizados por CENGICAÑA.

Cuadro 1. Duración de las etapas fenológicas en el cultivo de caña de azúcar.

Caña plantía			
Iniciación	Macollamiento	Elongación	Maduración
1.5 meses	3 meses	6 meses	1.5 meses
Caña Soca			
Iniciación	Macollamiento	Elongación	Maduración
1 mes	3 meses	6.5 meses	1.5 meses

(Castro, 2005)

Para la zona cañera de Guatemala se determinó que, la primera etapa de desarrollo está de 0 a 3 meses de edad del cultivo, caracterizándose por un aumento notable de hasta 120,000 tallos/ha y un ritmo de crecimiento lento de 0.25 a 0.5 cm/día. La segunda etapa de desarrollo inicia a los 3 meses, cuando la tasa de crecimiento aumenta hasta 2.5 cm/día, acompañada de una reducción drástica en la población por competencia. La última fase, dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas, se da entre los 7 y 8 meses, caracterizándose por la acumulación de azúcares en los tallos y puede estar manifestada por la inducción de la floración (Juárez y Muñoz, 1998).

2.4 PRINCIPALES PLAGAS

2.4.1 Rata cañera (*Sigmodon hispidus*, *Oryzomys* spp.)

López (1999) indica que los roedores prefieren cañales cerrados, principalmente postrados, ya que encuentran condiciones ideales para su reproducción, alimentación y refugio. En época de invierno las poblaciones se encuentran más

distribuidas debido a que el alimento es más abundante y variado, mientras en verano es menor y menos variedad, como resultado de esto se dan las migraciones hacia los cañales.

La rata cañera con importancia económica en Guatemala corresponde a la especie *Sigmodon hispidus* en un 93 % y el resto a otras como *Oryzomys* spp., *Liomys* spp., *Peromyscus* spp. y *Heteromys* spp. (CENGICANA, 1999).

2.4.2 Chinche salivosa (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.)

López (1999) manifiesta que es la plaga de mayor importancia económica, por las pérdidas que causa y el costo de control. La etapa crítica se manifiesta en el periodo lluvioso, apareciendo de abril a octubre, no importando la fase de desarrollo del cultivo.

Márquez e Hidalgo (2002), mencionan que para Guatemala, la especie con mayor ocurrencia pertenece a *Aeneolamia postica* con un 96.56 % y solamente 3.44 % de la especie *Prosapia simulans*.

2.4.3 Barrenadores del tallo (*Diatraea* spp. y *Phassus phalerus*)

López (1999) y Márquez e Hidalgo (2000) mencionan que los barrenadores están presentes todo el año, ocurriendo un incremento de las poblaciones de junio a julio, teniendo un incremento en el daño en la etapa de maduración del cultivo.

2.5 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL BARRENADOR DE LA CAÑA

Los barrenadores del tallo pertenecen al orden Lepidóptera, familia *Pyralidae*, sub familia *Crambinae*. Según Bleszynski (1969), existen cerca de 21 especies de *Diatraea* que se presentan en el cultivo de la caña de azúcar en el continente americano, sin embargo, no todas ellas presentan daños de importancia económica. *Diatraea saccharalis* es la especie más ampliamente distribuida en América, desde el sureste de los Estados Unidos hasta Argentina (Cuadro 2)

Cuadro 2. Distribución de *Diatraea* spp. en caña de azúcar en América Latina y el Caribe.

País	Especies	Referencia
Argentina	<i>D. saccharalis</i> (Fabricius), <i>D. dyari</i> Box	Zamora (1995)
Bolivia	<i>D. rufescens</i> Box <i>D. saccharalis</i> , <i>Acigona</i> (<i>Eoreuma</i>) sp. <i>D. alvicrinella</i> Box, <i>D. impersonatella</i> (Walker)	Colque y pret (1995)
Brasil	<i>D. saccharalis</i> , <i>D. flavipenella</i> Box	Mendonca (1985)
Colombia	<i>D. saccharalis</i> , <i>D. indiginella</i> Dyar and Heinrich, <i>D. la rosa</i> Heinrich, <i>D. buschella</i> Dyar and Heinrich	Raigosa 1995)
Costa Rica	<i>D. guatemalaella schaus</i> , <i>D. tabemilla</i> Dyar, <i>D. saccharalis</i> , <i>D. albicrinella</i>	Morera et al., (1985), Blezynski (1969)
Cuba	<i>D. saccharalis</i>	MINAZ (1985)
Ecuador	<i>D. saccharalis</i>	Fajardo (1985)
México	<i>D. considerata</i> Heinrich, <i>Acigona</i> (Chilo) Loftini (Dyar) <i>D. manufactella</i> Dyar, <i>D. grandiosilla</i> Dyar, <i>D. saccharalis</i> , <i>D. veracruzana</i> Box	Flores (1985) Blezynski (1969)
Panamá	<i>D. tabernella</i> , <i>D. saccharalis</i>	Gordón (1985)
Perú	<i>D. saccharalis</i>	Pollak (1985)
Rep. Dominicana	<i>D. saccharalis</i>	Burgus (1985)
Venezuela	<i>D. busckella</i> , <i>D. centrella</i> , <i>D. saccharalis</i> <i>D. rosa</i> , <i>D. impersonatella</i>	Ferrer (1985)
Guatemala	<i>D. saccharalis</i> , <i>D. nr crambidoides</i>	CENGICAÑA, 1998

(Adaptado de Mendonca, 1996)

2.6 ESPECIES DE IMPORTANCIA EN GUATEMALA

La dinámica del complejo de plagas de la caña de azúcar en Guatemala, ha mostrado que a partir de 1998 una de las plagas de mayor importancia económica y mayor distribución geográfica la constituyen los barrenadores, principalmente del género *Diatraea* nr *crambidoides* (Grote) con un 73 por ciento de ocurrencia en el estrato bajo y litoral, comparado con un 27 por ciento para *D. saccharalis* (Fabricius), y el estrato alto *Phassus phalerus* con un 24.47 por ciento (CENGICAÑA, 2001).

Otros estudios realizados por Márquez, Rivas, Aguirre, Torres y López (2009), en la finca Concepción, del ingenio Pantaleón-Concepción, muestran que *Diatraea* nr *crambidoides* es la especie significativamente más abundante con 50.21 por ciento, con presencia en todas las etapas fenológicas del cultivo. Le sigue en importancia, un grupo de barrenadores agrupados entre "Otras especies", con 25.21 por ciento y que, a pesar de pertenecer al género *Diatraea* presentan formas larvales y de adulto distintas a las ya reconocidas. *Phassus* spp. con 13.64 por ciento de abundancia, es un barrenador de tipo estacional, asociado a la caña en elongación y maduración, cuya abundancia fue evidente en el período de julio a noviembre. *Elasmopalpus lignosellus* y *Diatraea saccharalis* fueron las de menor abundancia, siendo la primera de tipo estacional y asociada al macollamiento del cultivo y la segunda, una especie confinada en lotes ubicados a una altura mayor de 650 msnm en dicha finca.

En general los daños más frecuentes de la plaga ocurren en el estrato bajo y litoral de la zona cañera de Guatemala, sin embargo, en el estrato alto se ha reportado un incremento en las infestaciones y el grado de daño, el estrato alto se ha caracterizado porque existe mayor diversidad de especies y es el ambiente natural de la ocurrencia de *Phassus* spp. (CENGICAÑA, 2001).

2.6.1 FASE DEL CICLO DE LA CAÑA EN QUE SE PRESENTA LA PLAGA DEL BARRENADOR Y FACTORES QUE LA AFECTAN

Se ha determinado que los barrenadores del tallo están presentes en todas las etapas fenológicas del cultivo y que las variaciones obedecen a efectos de la condición climática de cada época, el área, edad del cultivo y, en algunos casos especiales, a la variedad como hospederos de alta preferencia, por lo anterior, se

sugiere que la variedad debe ser un factor a considerar en la toma de decisiones sobre la composición varietal al momento de la siembra (CENGICAÑA, 2009).

Algunos factores que parecen asociados con la abundancia del barrenador se relacionan con la biomasa del cañal en campos con riego presurizado, con cierre a los cuatro meses de edad, que reducen la facilidad de la aplicación de productos para el control en los meses posteriores. La dinámica poblacional del barrenador muestra que el período crítico se inicia en julio y se intensifica hacia la cosecha, un período en donde cada acción de control es menos eficiente, porque la distribución no alcanza la parte basal de los tallos, que es en donde se localiza la mayor actividad de la plaga. Además, la humedad del suelo y el acame de los tallos, favorecen una nueva generación de tallos, que en octubre-noviembre son mamones y representan el hospedero ideal para incrementar sus poblaciones, las cuales son las que provocan un daño muy cerca de la cosecha (CENGICAÑA, 2012)

2.7 ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DEL BARRENADOR

Las acciones de control para el barrenador se concentran en las etapas de macollamiento y elongación, con énfasis en prácticas culturales, el uso racional de agentes biológicos y opciones químicas que ayuden a mantener las poblaciones por debajo del umbral económico.

El manejo integrado de los barrenadores se basa en la implementación de prácticas agrupadas en tres fases: Prevención, detección y combate. Para orientar las acciones preventivas y de control es necesario llevar un registro de los niveles de infestación en cada lote, pante y finca, a través de las principales fases fenológicas del cultivo. Esto permitirá clasificar las áreas en “problemáticas”, “de riesgo” y “sin problemas”, con base en la intensidad de infestación (i.i.) alcanzada en la zafra anterior (CENGICAÑA, 2012).

Las áreas problemáticas serán aquellas que tienden a ser más afectadas y sobrepasan el umbral de acción. Las áreas de riesgo son aquellas cuyos niveles de intensidad de infestación se mantienen muy cerca del umbral de acción, en tanto que las áreas sin problemas son aquellas que generalmente mantienen una

intensidad de infestación menor al umbral de acción establecido (CENGICAÑA, 2012).

Este umbral de acción está relacionado a estudios sobre nivel de daño económico, sin embargo, puede variar dependiendo del área, edad del cultivo y el valor económico de la práctica de control. De manera general se conoce que en Guatemala el ingenio La Unión utiliza un umbral de acción de 1.5 por ciento de i.i, el ingenio Pantaleón/Concepción utiliza 3 por ciento de i.i, en tanto que el ingenio Santa Ana usa como referencia el 1.7 por ciento de i.i (CENGICAÑA, 2012).

2.8 CONTROL BIOLÓGICO

El manejo integrado de los barrenadores en el cultivo de la caña de azúcar mediante el control biológico, consiste en la utilización de enemigos naturales. Los enemigos naturales son organismos parásitos, depredadores y patógenos cuya acción regula la densidad poblacional de otro organismo llamado plaga. Existen muchas especies de parasitoides, tanto de huevos como de larvas, depredadores y agentes entomopatògenos que existen en forma natural para controlar las diversas especies de *Diatraea* en América Latina y El Caribe (Mendonca, 1996).

Cinco especies de parasitoides han mostrado buen potencial de control, facilidad de cría masiva y variados niveles de adaptabilidad en países vecinos y de condiciones similares a las de Guatemala, siendo éstos: *Trichogramma exiguum* (Pinto y Platner) (parasitoide de huevos), *Cotesia (Apanteles) flavipes* (Cameron), *Billaea (Paratheresia) claripalpis* (Wulp), *Lixophaga diatraeae* (Townsend), *Lídiela (Metagonistylum) minense* (Mendonca, 1996).

Las liberaciones en Guatemala se iniciaron a partir de 1993 en los ingenios La Unión/Los Tarros y se han incrementado progresivamente en los ingenios Pantaleón/Concepción, La Unión, Magdalena y Santa Ana. Actualmente en Guatemala los parasitoides larvales que se utilizan son: *Cotesia flavipes*, *Aprostocetus* spp y *Trichogramma exigum*, parasitoide de huevos, también se ha incrementado el uso de nuevos bioinsecticidas formulados a base de *Bacillus*

thuringiensis y algunos virus como el *Virus de la Poliedrosis Nuclear* (VPN) y el *Virus de la Poliedrosis Citoplasmática* (VPC) (CENGICAÑA, 2014).

Durante la zafra 2013-2014 se han reportado controles mayormente con *Cotesia flavipes* en aproximadamente 23 mil hectáreas, *Trichogramma* con 300 hectáreas, *Aprostocetus* spp. con 4 mil y bioinsecticidas a base *Bacillus thuringiensis* con más de 8 mil hectáreas en áreas con daño superior al 2 por ciento, mayormente en el estrato litoral de la zona cañera (CENGICAÑA, 2014).

2.9 CONTROL QUÍMICO

Para la zafra 2013-2014 se han reportado áreas problemáticas arriba de 5 por ciento de intensidad de infestación aproximadamente, para los estratos; litoral 23,493, bajo 7,565, medio 4,792 y alto 1,110 hectáreas, siendo estas áreas las que manifiestan urgente un control específico que pueda reducir significativamente el daño en la cosecha (CENGICAÑA, 2014).

Para el control con bioinsecticidas y/o químicos de acción específica, el programa MIP-CENGICAÑA ha identificado productos promisorios como Flubendiamida, Triflumuron, Clorantraniliprole y Novaluron para áreas de alta infestación, enfocando el uso de la eficiencia en aplicaciones aéreas de julio-agosto, cuando inicia el incremento del daño en los campos del cultivo, en los cuadros 3, 4 y 5 se muestran las fichas técnicas para los primeros tres productos mencionados.

Cuadro 3. Ficha técnica del producto comercial Coragen 20 SC.

Nombre comercial	Coragen 20 SC
Ingrediente activo	Chlorantraniliprole
Nombre químico	3-bromo-4'-cloro-1-(3-cloro-piridil)-2'-metil-6'-(metilcarbamoil)pirazol-5-carboxanilida
Fórmula química	$C_{18}H_{14}BrCl_2N_5O_2$
Clasificación	Pirazol
Grupo químico	Diamidas antranílicas
Modo de acción	Es especialmente efectivo por ingestión de las partes tratadas de las plantas, aunque también tiene actividad por contacto.
Mecanismo de acción	Consistente en la activación de los canales de calcio receptores de rianodina (RyRs) de los insectos. Estos receptores ejercen un papel crítico en la función muscular. La contracción de las células musculares requiere la liberación regulada de calcio desde las reservas internas hacia el citoplasma celular. Los receptores de rianodina actúan a modo de canales de iones modulando la liberación del calcio. Se fija a los receptores de rianodina, lo que provoca una liberación descontrolada de calcio y, por consiguiente, el agotamiento de las reservas, lo que a su vez impide la contracción muscular. Los insectos tratados dejan de alimentarse rápidamente, se muestran aletargados y presentan regurgitación y parálisis muscular, ocasionándoles finalmente la muerte.

Cuadro 4. Ficha técnica de producto comercial Takumi 20 WG.

Nombre comercial	Takumi 20 WG
Ingrediente activo	Flubendiamida
Nombre químico	N2-[1,1-dimethyl-2-(methylsulfonyl)ethyl]-3-iodo-N1-[2-methyl-4-[1,2,2,2-tetrafluoro-1-(trifluoromethyl)etil] fenil] -1,2-benceno dicarboxílico
Fórmula química	C ₂₃ H ₂₂ F ₇ IN ₂ O ₄ S
Clasificación	Benzene-dicarboxamide
Grupo químico	Diamidas del ácido ftálico
Modo de acción	Actúa por ingestión y contacto, al entrar en contacto con la hoja el ingrediente activo se mueve hacia el envés de la hoja desarrollando un efecto de control traslaminar.
Mecanismo de acción	Tiene una acción neuromuscular, actuando directamente en los receptores de rianodina que son canales de Ca ⁺² especializados en la liberación del calcio, siendo ésta la causante de la contracción. La larva al entrar en contacto con el ingrediente activo, el receptor de rianodina deja el paso desmedido al calcio, lo que provoca una contracción e impide que siga movilizándose y alimentándose.

Cuadro 5. Ficha técnica del producto comercial Certero 48 SC.

Nombre comercial	Certero 48 SC
Ingrediente activo	Triflumuron
Nombre químico	1-(2-clorobenzoil)-3-(4-trifluorometoxifenil)urea
Fórmula química	C ₁₅ H ₁₀ ClF ₃ N ₂ O ₃
Clasificación	Benzoilurea
Grupo químico	Benzoil fenil urea
Modo de acción	Actúa principalmente por ingestión
Mecanismo de acción	Altera el sistema hormonal e inhibe la formación de quitina del insecto dispuesto a realizar una muda; entonces la cutícula que cumple importantes funciones vitales, se forma de manera incompleta. Los insectos ya no alcanzan la próxima etapa de desarrollo larval y no pueden liberarse de su vieja exuvia.

Con el propósito de determinar la eficiencia de Chlorantraniliprole en áreas de alta incidencia, se evaluó por primera vez en el año 2010, en la finca Los Almendros, del Ingenio Palo Gordo, bajo un programa de tres aplicaciones, entre los 2-5 meses de edad del cultivo y en dosis de 100 cc/ha, el daño por el barrenador se redujo significativamente en un 77.3 por ciento, con respecto al testigo sin control, superando a productos como Tebufenozide, Dipel 6.4 WG, VPN, VPC y la práctica de entresaque de corazones muertos (CENGICAÑA, 2011). Durante el año 2011 se evaluó en la finca California, del Ingenio Pantaleón, con dosis de 100 y 150 cc/ha, en una sola aplicación a los 56 días después del corte. Los resultados en cosecha mostraron que el producto fue eficiente, logrando una reducción significativa del daño (59.6 %) con la dosis de 100 cc/ha (CENGICAÑA, 2012).

En otro ensayo en la finca Candelaria, del ingenio Magdalena, con bioinsecticidas especialmente sobre dosis de Dipel 6.4 WG y con un programa de tres aplicaciones entre 2-4 meses de edad del cultivo, se observaron reducciones significativas con eficiencias del 44 y 45 por ciento (CENGICAÑA, 2012).

El producto Clorantraniliprole cuando fue comparado con los bioinsecticidas y bajo un programa de dos aplicaciones, mostró reducciones significativas como en el caso de la finca California (Pantaleón) con 38 por ciento de eficiencia; finca Candelaria con 49.2 por ciento y finca Madre Tierra con 56.4 por ciento, finca Los Almendros con rango de reducciones significativas entre 74 al 86.7 %, en finca Nueva Esperanza, se registró el mayor daño para el tratamiento testigo con promedio de 10.31 % de i.i, y los tratamientos con mayor reducción significativa fueron: Tebufenozide (Mimic) y Triflumuron (Certero), con promedio de 33.6 y 47.8, respectivamente (CENGICAÑA, 2013).

Para la zafra 2013-2014 productos como Clorantraniliprole y Flubendiamida se aplicaron de forma aérea en aquellas áreas con niveles de daño superiores al 5 % de intensidad de infestación (CENGICAÑA, 2014).

2.9.1 Metabolismo de pesticidas en plantas

En la planta los insecticidas tienen un proceso de degradación, erosión y metabolismo. El aspecto metabólico es lo que distingue el reino animal del vegetal, la capacidad de las plantas y los hongos para producir sustancias que no son esenciales para su supervivencia, que no parecen participar directamente en el crecimiento o desarrollo, no son necesarias para que pueda existir como tal, sino que simplemente aportan al individuo una ventaja para responder a estímulos del entorno.

El metabolismo de los insecticidas es dependiente de condiciones abióticas (temperatura, humedad, suelo, pH, etc.), comunidad microbial y/o especies de plantas, características de los insecticidas (hidrofilito, pKa/b, Kow, etc), reacciones biológicas y químicas. La degradación abiótica es debido a transformaciones del insecticida por procesos como fotólisis, hidrólisis, oxidación, reducción y cambios. La transformación enzimática, es en gran medida la ruta principal de la desintoxicación. El metabolismo de los insecticidas puede implicar tres fases (Hatzios 1991; Shimabukuro 1985).

En la fase uno las propiedades iniciales de un compuesto original son transformadas a través de oxidación, reducción o hidrólisis, para ser más soluble en agua y usualmente menos tóxico que el producto original. La segunda fase implica la conjugación de un pesticida o metabolito del pesticida a un azúcar, aminoácido o glutatión que incrementa la solubilidad en agua y reduce la toxicidad comparado con el pesticida original. Generalmente la fase dos es de poca o no fototoxicidad y puede ser almacenado en órganos celulares. La tercera fase implica la conversión de fase dos, metabolitos en conjugados secundarios, que son también no tóxicos (Hatzios, 1991). Entonces desde que se aplica un producto, se genera un depósito o residuo sobre la planta y es de esperar que, con el tiempo, el depósito cambie en cantidad y calidad.

III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El barrenador del tallo, en los últimos años, desde la zafra 2010-2011, ha tenido un incremento en el porcentaje de intensidad de infestación para los estratos litoral, bajo, medio y alto, no obstante, estos últimos incrementos en área de infestación se han debido, en buena parte, al cambio climático y en especial al cambio en la temperatura, cuyas medias globales en el 2012 fueron de 0.45 °C por encima de la media a largo plazo.

Lo anterior ha promovido a que regiones de carácter endémico como el estrato medio, litoral y bajo de la zona cañera del país tengan mayor de 50 por ciento de infestación y 15 por ciento de intensidad de infestación, desde luego han existido otros factores que favorecen incrementos potenciales de daño como susceptibilidad varietal (CP88-1165), cosecha mecanizada en verde, anegamiento, tercio de zafra y mayor biomasa por riego presurizado.

La plaga es de importancia económica, ya que al menos 38,854 hectáreas fueron reportadas con valores de daño superior al umbral en la zafra 2013-2014, incrementándose 1.38 % con respecto a la zafra 2012-2013, de las cuales en el estrato litoral se ubicaron 23,492 (60.4 %). La pérdida bruta estimada fue de 4,339 toneladas métricas de azúcar (\$. 863,698.07).

Debido a lo anterior, se planteó evaluar la residualidad de los ingredientes activos Clorantraniliprole, Triflumuron y Flubendiamida, en caña de azúcar, para el control de larvas del barrenador. Dicha información será de mucha ayuda en los planes de manejo de aquellas áreas que sobrepasan el umbral económico, ayudando a lograr que los cañales puedan incrementar su producción de azúcar.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Generar información sobre el período residual y los síntomas provocados en larvas del barrenador (*Diatraea nr crambidoides*) por Chlorantraniliprole, Flubendiamida y Triflumuron.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el período residual de los productos Chlorantraniliprole, Triflumuron y Flubendiamida, en aspersion sobre macetas con follaje de caña.
- Determinar el tiempo letal 50 (TL₅₀) de los productos Chlorantraniliprole, Triflumuron y Flubendiamida, sobre larvas del barrenador de la caña de azúcar.
- Caracterizar los síntomas en las larvas del barrenador de la caña, como respuesta a la acción de los productos Chlorantraniliprole, Triflumuron y Flubendiamida.

V. HIPÓTESIS

- Al menos uno de los tratamientos permanecerá mayor tiempo activo, después de ser asperjado.
- Por lo menos un tratamiento mostrará diferente tiempo letal, en las larvas del barrenador de la caña.
- Las larvas afectadas mostrarán diferentes síntomas de acuerdo al producto aplicado sobre ellas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La investigación se realizó en el programa MIP, del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), el cual se encuentra en la finca Camantulul, del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, a 37 kilómetros de la cabecera departamental de Escuintla y a 92.5 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala, en las coordenadas 14° 19' 30" latitud norte y 90° 03' 03" longitud oeste (CENGICAÑA, 1995).

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Con el propósito de evaluar el periodo residual de los productos químicos fue necesario sembrar yemas de caña en 24 macetas, para obtener plantas de dos meses de edad y asperjar los productos químicos al haz y envés del follaje, incluyendo un tratamiento testigo, al cual se le asperjó agua desmineralizada. Para determinar la presencia de los productos químicos en la planta se realizaron cortes de tejido foliar periódicamente, colocando porciones del tejido en cámaras húmedas (cajas petri), el cual sirvió como sustrato a larvas del barrenador de la especie *Diatraea nr crambidoides* y de esa manera se registró el tiempo residual, los síntomas y el tiempo de muerte. Los materiales utilizados y el manejo del experimento se realizó en diferentes fases, las cuales se describen a continuación:

a) Fase de invernadero

Se utilizaron plantas de caña de azúcar variedad (CG97-97), de edad de dos meses y los productos químicos Chlorantraniliprole, Triflumuron y Flubendiamida.

b) Fase de laboratorio

Se utilizarón cajas petri como cámaras húmedas, tejido foliar asperjado con el producto químico y larvas del barrenador de la especie *Diatraea nr crambidoides* con

edad de 8 días, criadas y donadas por el laboratorio de parasitoides del ingenio Santa Ana (figura 1).

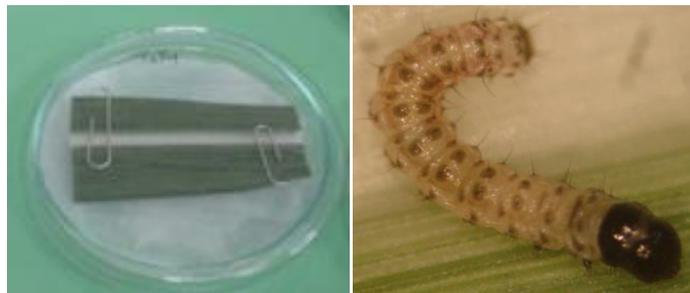


Figura 1. Cámara húmeda conteniendo una porción de tejido foliar y una larva de la especie *Diatraea nr crambidoides*.

6.3 FACTORES ESTUDIADOS

Se estudiaron dos factores:

a) Los productos químicos y b) Diferentes épocas o periodos de corte de tejido.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los productos se asperjaron a las plantas en una dosis de 26.973 ppm, equivalente a la dosis comercial como se muestra en el cuadro 6, y para cada producto se hicieron seis muestreos, considerando éstos como otro factor estudiado.

Cuadro 6. Tratamientos que se asperjaron a las plantas a la edad de dos meses, bajo invernadero.

No.	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis comercial / ha
1	Coragen 20 SC	Chlorantraniliprole	100 cc
2	Certero 48 SC	Triflumuron	100 cc
3	Takumi 20 WG	Flubendiamida	100 g
4	Testigo (agua desmineralizada)		

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con seis repeticiones bajo un arreglo bifactorial.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \alpha\tau_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es la ij -ésima observación en el i -ésimo producto y j -ésima época.

μ = es la media general

α_i = es el efecto del i -ésimo producto.

τ_j = es el efecto del j -ésima época.

$\alpha\tau_{ij}$ = es la interacción del i -ésimo producto con la j -ésima época.

e_{ij} = es el error aleatorio NID $(0, \sigma^2)$.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental consistió de 5 cajas petri (unidades de observación) acondicionadas como cámaras húmedas, conteniendo cada una de ellas el tejido foliar que se asperjó con el producto químico, incluyendo el tratamiento testigo y una larva del barrenador de la especie *Diatraea nr crambidoides*, en donde se observó la mortalidad y síntomas de las larvas producido por el producto, como se ve en la figura 2.



Figura 2. Unidades experimentales conteniendo tejido y una larva de *Diatraea nr crambidoides*.

6.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Esta investigación se realizó en dos fases, la primera consistió en el establecimiento de caña de azúcar en macetas bajo invernadero, mientras que la segunda fue de laboratorio, en donde se evaluó la mortalidad de las larvas.

6.8.1 Fase de invernadero

Se inició con el establecimiento de macetas, para las cuales fue necesario utilizar envases plásticos de 18.92 litros (5 galones), sembrando dos yemas de la variedad CG-97-97, a las cuales se les mantuvo con riego y sanidad constante, esto fue de vital importancia para obtener tejido foliar sano y adecuado para la evaluación en el laboratorio, como se observa en las figura 3.



Figura 3. Recipientes con yemas y plantas crecidas listas para la aspersion.

Las plantas fueron asperjadas a la edad de dos meses, con atomizadores graduados, conteniendo una solución de concentración equivalente a la proporción de 300 litros por hectárea y la dosis comercial recomendada de cada uno de los productos, incluyendo el tratamiento testigo, asperjado solamente con agua desmineralizada, cubriendo por completo el haz y envés de cada hoja (figura 4), las plantas mostraron entre siete y ocho hojas, correspondiendo a la etapa de macollamiento.



Figura 4. Forma de la aspersión del producto químico a las plantas de caña.

6.8.2 Fase de laboratorio

Se realizaron siete cortes de tejido foliar en las plantas (cuadro 7), iniciando con las hojas inferiores a los dos días después de la aspersión y luego con una frecuencia de 10 días, de donde se extrajeron pequeñas porciones de la parte basal y media.

Cuadro 7. Épocas de corte de tejido foliar en las plantas.

No. Época	Época de corte	Días después de la aspersión
1	17-oct-13	2
2	28-oct-13	13
3	07-nov-13	23
4	18-nov-13	34
5	28-nov-13	44
6	09-dic-13	55
7	19-dic-13	65

En una caja petri, acomodada como cámara humedad, se dispuso el tejido a una larva de *Diatraea nr crambidoides*, con edad entre 6-8 días, para su alimentación o contacto con el tejido inoculado (figura 2). Se realizó registro diario de mortalidad y síntomas durante 8 días. Para cada época de evaluación las condiciones del laboratorio se mantuvieron entre 28-30 °C de temperatura y 65-70 por ciento de humedad relativa.

6.9 VARIABLES DE RESPUESTA

Se estudiaron las siguientes variables:

a.) Porcentaje de mortalidad de larvas

Se cuantificaron las larvas que murieron por el consumo del producto químico, con respecto al total expuesto, así se expresó el porcentaje de mortalidad de cada repetición y producto en cada época de evaluación.

b.) Tiempo de muerte

Se registró el día de muerte de todas aquellas larvas que fueron contaminadas por el producto químico.

c.) Síntomas

Los síntomas se clasificaron y se registraron de la siguiente manera:

- a.) Mudación: proceso fisiológico por el cual los insectos cambian su tegumento exterior por uno nuevo.
- b.) Contracción corporal: discontinuidad del desarrollo (crecimiento) de la larva.
- c.) Deformaciones: protuberancias en la parte media y final del abdomen de la larva.

6.10 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

10.1 Análisis estadístico

Los registros de mortalidad y síntomas se analizaron por medio de análisis de varianza y el tiempo letal a través del análisis Probit, para el diseño completamente al azar, con arreglo bifactorial, utilizando el paquete estadístico *InfoStat versión 2013* (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, González, Tablada y Robledo, 2013).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

7.1.1 Periodo residual de los tratamientos

Los productos químicos que se asperjaron a las plantas de caña de azúcar a la edad de dos meses bajo condición de invernadero, sufrieron degradación por condiciones de metabolismo o condiciones abióticas.

En el tratamiento testigo (agua desmineralizada) los valores de mortalidad registrados durante el periodo de evaluación fueron insignificantes, con un promedio de 3.3 % entre las épocas 1, 2 y 3 (días después de asperjado), tal como se describe en el cuadro 8. Por ello, se determinó no realizar ningún tipo de ajuste para las mortalidades producidas por los insecticidas, y los valores del testigo no se tomaron en cuenta en el análisis de varianza.

El anexo 1 muestra el análisis de varianza e indica diferencia significativa para la interacción entre época*producto ($P=0.0455$), y mostró que Flubendiamida (Takumi 20 WG) y Triflumuron (Certo 48 SC) provocaron mortalidades altas de larvas de *Diatraea nr crambidoides* en las épocas 1, 2, 3, con valores promedio superiores de 55 por ciento, mientras que Chlorantraniliprole prolongó su mayor mortalidad hasta la época 6, con 56.7 por ciento. A partir de la época 7 todos los productos decayeron considerablemente en el efecto de mortalidad, con valores de 13.3 por ciento como se describe en el cuadro 8 y se observa en la figura 5

Cuadro 8. Promedio de mortalidad en larvas de *Diatraea nr crambidoides* según el tratamiento químico y el testigo en cada época de evaluación (días después de la aspersión).

Insecticida	Dosis/ha (i.a)	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4	Época 5	Época 6	Época 7
Chlorantraniliprole	0.02 L	100 a	90.0 a	76.7 a	70.0 a	73.3 a	56.7 a	13.3 a
Flubendiamida	0.02 L	86.7 a	73.3 ab	56.7 a	40.0 b	33.3 b	16.7 b	3.3 a
Triflumuron	0.048 g	83.3 a	53.3 b	66.7 a	20.0 b	16.7 b	23.3 b	3.3 a
Testigo (no tratado)		3.3	3.3	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0

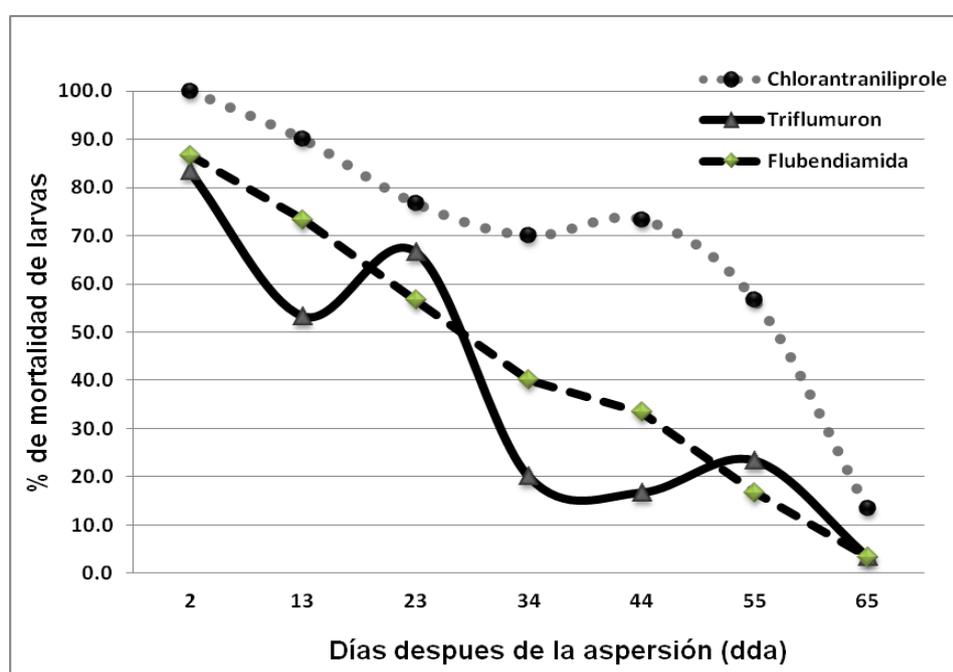


Figura 5. Porcentaje de mortalidad de larvas del barrenador de la caña en cada época de evaluación y tratamiento químico, durante 65 dda.

Chlorantraniliprole (Coragen 20 SC) y Flubendiamida (Takumi 20 WG) son insecticidas sistémicos, con similar modo de acción y de la misma familia química, sin embargo, Flubendiamida parece tener procesos de degradación y rutas de metabolismo acelerado que lo hicieron menos eficiente en la mortalidad de larvas mientras transcurrieron los días después de aplicado. El Triflumuron (Certero 48 SC) siendo un producto de contacto mostró menor eficiencia, debido a que no penetra en la planta sino que solamente se adhiere a la pared celular de los tejidos vegetales, por lo tanto está expuesto más fácilmente a la degradación (cantidad y calidad de la

molécula) por medio de los factores abióticos del medio en que se encuentren mayormente por la temperatura, humedad y radiación solar.

El análisis de varianza (anexo 1) indica diferencias significativas para la época (P=0.0001), la mayor mortalidad de larvas de *Diatraea nr crambidoides* fue observada entre los 2 y 23 días después de la aspersión, pasando de 90.00, 72.22 y 66.67 por ciento, y mientras transcurrió el tiempo el efecto disminuyó significativamente de 43.33 a 32.22 por ciento como se observa en el cuadro 9 y la figura 5.

Cuadro 9. Porcentaje de mortalidad de los tres tratamientos químicos para cada época de evaluación.

Época	Días después de la aspersión	Media	Duncan 0.05
1	2	90.00	A
2	13	72.22	AB
3	23	66.67	B
4	34	43.33	C
5	44	41.11	C
6	55	32.22	C

El producto con mayor eficiencia en la mortalidad de las larvas durante todo el período fue Chlorantraniliprole (Coragen 20 SC), con promedio de 77.78 por ciento, mientras que los productos Flubendiamida (Takumi 20 WG) y Triflumuron (Certero 48 SC) mostraron mortalidades significativamente menores con promedio de 51.11 y 48.89 por ciento, como se observa en el cuadro 10.

Cuadro 10. Promedio de mortalidad según los productos para las épocas 1 a 6.

Producto	Media	Duncan 0.05
Chlorantraniliprole	77.78	A
Flubendiamida	51.11	B
Triflumuron	43.89	B

7.1.2 Determinación del tiempo letal₅₀ de los productos

A todas aquellas larvas que fueron infectadas por el producto químico se les registró el día de muerte (1-8 días). Se elaboró una base de datos adjuntando los registros de las 7 épocas de cada tratamiento y se realizó un análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad por día.

Los productos no mostraron diferencia significativa para el porcentaje de mortalidad por día ($P=0.6032$), ni en la interacción entre “día*producto” ($P=0.997$), sin embargo, en el día en que las larvas murieron se encontraron diferencias significativas ($P=0.0001$), tal como se detalla en el anexo 2.

La mortalidad por día mostró un patrón normal de distribución con valores promedio bajos al inicio y final del periodo, pero con incremento significativo en la parte media, como se observa en la figura 6. Independientemente de los productos, los mayores promedios de mortalidad se observaron en el día 5, con 36.06% y en el día 6 la mortalidad acumulada fue arriba del 80%, como se indica en el cuadro 11 y en la figura 6.

Cuadro 11. Promedio de la mortalidad de cada día.

Día	Porcentaje de mortalidad	Duncan 0.05
5	36.08	A
4	21.02	B
6	20.04	B
3	9.21	BC
7	8.09	C
2	3.13	C
8	1.9	C
1	0.56	C

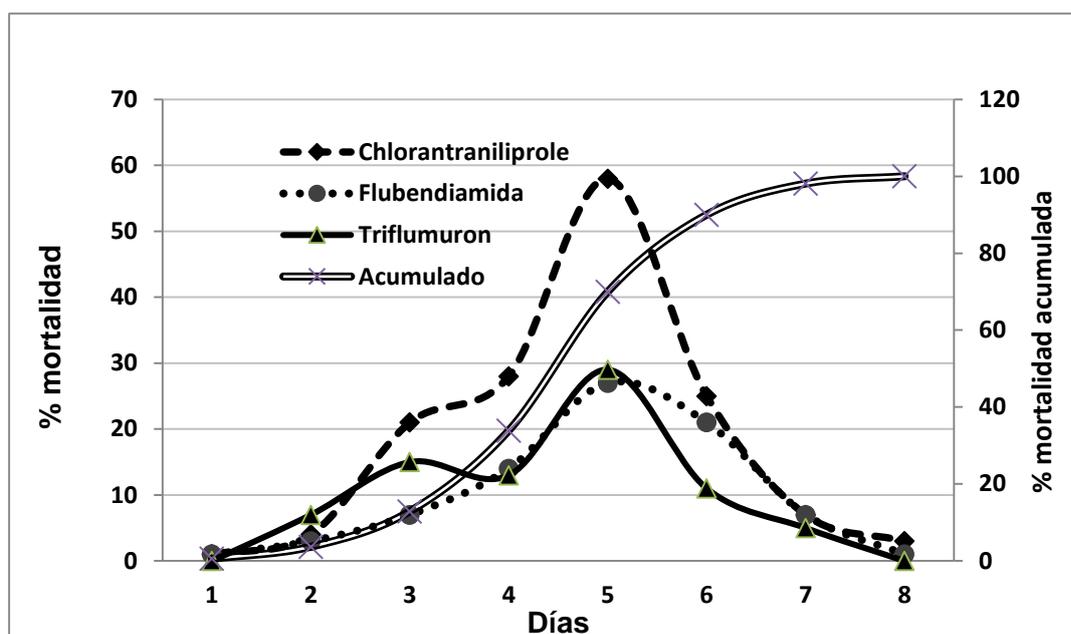


Figura 6. Distribución del porcentaje de mortalidad de larvas del barrenador de la caña, observado en el periodo de 1 a 8 días.

De acuerdo a los resultados anteriores, se consideró realizar un análisis Probit para cada producto y determinar el TL₅₀ y TL₉₀, los valores correspondientes se muestran en el cuadro 12 y en la figura 7, se incluyen dos rectas paralelas al eje x = PM 50 y 90, y otras dos verticales en x = TL₅₀ y TL₉₀.

Cuadro 12. Respuesta de mortalidad de las larvas de *Diatraea nr cramboides* a tres insecticidas.

Productos	TL ₅₀	IC (95%)	TL ₉₀	IC (95%)
Chlorantraniliprole	4.9 a	4.6; 5.2	6.9 a	6.7; 7.2
Flubendiamida	5.1 a	4.2; 6.1	7.3 a	6.3; 8.2
Triflumuron	4.7 a	4.5; 4.9	7.0 a	6.8; 7.1

IC = intervalo de confianza al 95 %.

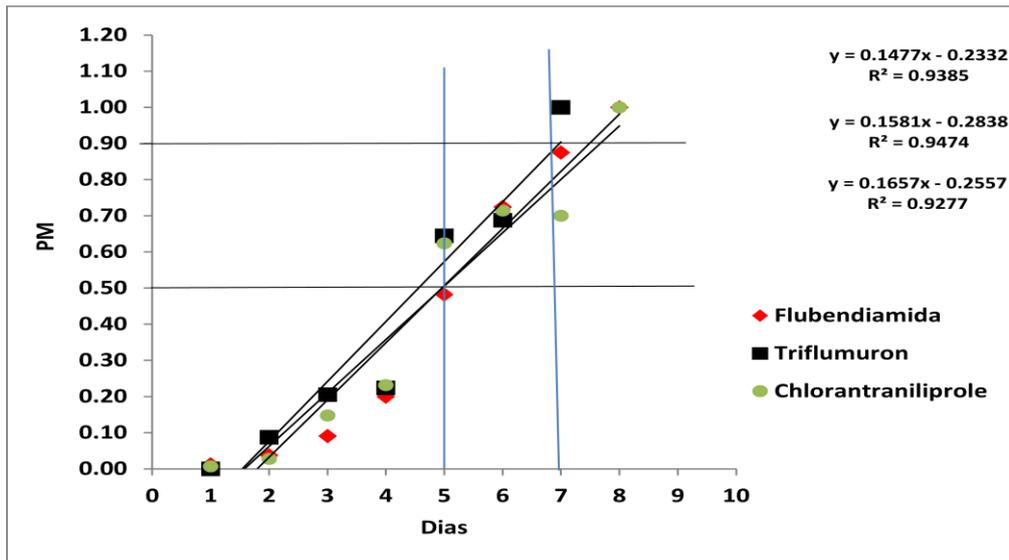


Figura 7. Distribución probabilística de los tiempos letales Probit (TL_{50} , TL_{90}).

Los resultados del análisis Probit (cuadro 12) indican que el 50 por ciento de la población de larvas de *Diatraea nr crambidoides* infectadas por contacto o ingestión por cualquiera de los productos murieron entre los días 4.7 a 5.1 (TL_{50}), y de la misma manera el 90 por ciento entre los días 6.9 a 7.3 (TL_{90}).

Al aplicar los productos al cultivo de caña de azúcar infestado por larvas de barrenador de la especie *Diatraea nr crambidoides*, el 90 por ciento de la población morirá a los 7.3 días, y por lo tanto, se consideran productos adecuados para provocar mortalidades de larvas.

7.1.3 Caracterización de los síntomas en las larvas

Los síntomas que se manifestaron en las larvas de *Diatraea nr crambidoides* infectadas al tener contacto o ingerir tejido asperjado con los productos químicos fueron; mudación (cambio del tegumento exterior), contracción corporal (discontinuidad del desarrollo) e hinchazón y protuberancias (deformaciones).

Al manifestarse la intoxicación en las larvas por los productos, éstas dejaron de alimentarse e inmediatamente presentaron parálisis (corresponde a la ausencia de movimiento corporal), luego se manifestaron y se registraron los síntomas que se indican en el cuadro 13.

Cuadro 13. Porcentaje de los síntomas en larvas como respuesta del efecto de los productos.

Producto	Contracción corporal		
	e hinchazón	Mudación	Protuberancia
Chlorantraniliprole	64.2 % a	19.6 % b	16.2 % b
Flubendiamida	60.4 % a	34.1 % b	5.5 % c
Triflumuron	32.9 % b	64.3 % a	2.9 % c

Las larvas que se infectaron con Chlorantraniliprole y Flubendiamida mostraron síntomas característicos de contracción corporal, combinado con hinchazón en un 64.2 y 60.4 por ciento (cuadro 13 y figura 8), dicho síntoma se debe al mecanismo de acción de los productos, que consiste en dejar libre el canal de rianodina que regula la liberación de calcio responsable de la contracción muscular, y movimiento corporal. Aunque no es una propiedad de las diamidas, se observó que un 34.1 y 19.6 por ciento de las larvas mostraron interrupción en la ecdisis (figura 9) y protuberancia en la parte media y final del abdomen como consecuencia de la acumulación de las moléculas en algunos sectores del cuerpo (figura 10).



Figura 8. Izquierda larvas contraída e hinchada, derecha larva sana.

Los síntomas en las larvas tratadas con Triflumuron coinciden con Bellés (1988), *i.e.*, interrupción de la ecdisis (muda) y muerte del insecto dentro de la cutícula vieja (figura 9) al presentarse en esta evaluación con 64.3 por ciento, mientras tanto el 32.9 por ciento presentó discontinuidad en el desarrollo e hinchazón como se describe en el cuadro 13. También se observó que la cápsula cefálica antigua no permaneció unida a la nueva. En algunos casos sólo se rompió el exuvio, y en otros comenzó a desprenderse, pero quedó unido a los últimos segmentos abdominales; hubo pérdida de líquido y el insecto murió pardeado. La permanencia de la antigua cápsula cefálica adherida a la nueva, el desplazamiento de mandíbulas y labro, y

obstrucciones en el tubo digestivo, dificultan la alimentación de individuos que aparentemente mudan con normalidad, y conduce finalmente a la muerte del insecto (Bellés, 1988).



Figura 9. Larvas muertas por la interrupción de la ecdisis (mudación).



Figura 10. Larvas con protuberancia en la parte media y final del abdomen.

VIII. CONCLUSIONES

En cuanto a la residualidad, Triflumuron (Certero 48 SC) tuvo una mortalidad de larvas de *Diatraea nr crambidoides* de 66.7 % y Flubendiamida (Takumi 20 WG) tuvo 56.7 % de mortalidad y fueron efectivos hasta la época 3 (23 días después que fueron asperjados a la planta). Sin embargo, Chlorantraniliprole (Coragen 20 SC) mostró su efectividad hasta la época 6 (55 días después que fue asperjado a la planta), y ocasiono mortalidades de larvas de *Diatraea nr crambidoides* en un 56.7 %.

El tiempo letal 50 (TL₅₀), obtenidos en este estudio a través del análisis Probit, se estimó que el 50 por ciento de las larvas de *Diatraea nr crambidoides* murieron entre 4.7 a 5.1 días (TL₅₀) y el 90 por ciento murió entre los 6.9 a 7.3 días.

Los síntomas de las larvas de *Diatraea nr crambidoides* infectadas por Chlorantraniliprole y Flubendiamida fue la discontinuidad en el desarrollo corporal e hinchazón con 64.2 y 60.4 %, y para Triflumuron, la muda (ecdisis) con un 64.3 %.

IX. RECOMENDACIONES

Se observó bajo condiciones de invernadero que los tratamientos disminuyeron en su mortalidad mientras transcurrió el tiempo (días después de ser aplicado), por lo que se recomienda realizar evaluaciones en macetas de la misma edad a campo abierto y en campo definitivo, para confirmar el efecto encontrado en este estudio.

Debido a que las larvas de *Diatraea nr crambidoides* utilizadas en este estudio fueron de edad de 8 días, se recomienda utilizar de mayor edad, para confirmar el TL₅₀ y TL₉₀.

Se recomienda realizar estudios de este tipo a campo abierto y asociarlos a las diferentes etapas fenológicas del cultivo de la caña de azúcar, ya que con ello se podrá establecer el comportamiento del producto cuando la caña tenga diferentes condiciones (edad, altura, densidad, etc.).

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Azucareros de Guatemala – ASAZGUA –. (2012). Economía. Consultado el 26 de febrero de 2013. Disponible en: www.azucar.com.gt
- Bellés, X. (1988). Insecticidas biorracionales. 405 p. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
- Bleszynski, S. (1969). The taxonomy de la Cambrine month borer of sugar cane En: Williams, J. et al. Pest of sugar cane. Amsderdam-London. P 25.
- Cañamip. (2000). Manejo integrado de barrenadores en caña de azúcar. CENGICAÑA. Guatemala.
- Castro, O. (2005). El Balance hídrico (Herramienta para la planificación del riego en caña de azúcar).CENGICAÑA. 2005. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2004/2005.Guatemala. Pp 134 – 141.
- CENGICAÑA. (1995). Estratificación preliminar de la zona de producción de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Guatemala con fines de investigación de variedades.
- CENGICAÑA. (1999). Distribución geográfica y fluctuación poblacional de ratas en la zona cañera de Guatemala. Memoria de presentación de resultados de investigación. Zafra 1998-1999. Guatemala. 44-68 p
- CENGICAÑA. (2001). Distribución y abundancia de los barrenadores del tallo y parasitoides nativos en la zona. Memoria de presentación de resultados de investigación. Zafra 2000-2001. Guatemala. 77-81 p

- CENGICAÑA. (2009). Estudio de la Distribución y Abundancia de los Barrenadores del Tallo en Finca Concepción, Ingenio Pantaleón S.A. Memoria de presentación de resultados de investigación. Zafra 2008-2009. Guatemala. 134-148 p
- CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y capacitación de la Caña de Azúcar) (2011). Análisis de la zafra 2010-2011 del área de campo. Guatemala. CD-R.
- CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y capacitación de la Caña de Azúcar) (2012). Análisis de la zafra 2011-2012 del área de campo. Guatemala. CD-R.
- CENGICAÑA. (2013). Actividades de investigación en barrenadores del tallo. Informe anual. Zafra 2012-2013. Guatemala. 47-49 p
- CENGICAÑA. (2014) Análisis de la zafra 2013-2014 del área de campo. Guatemala. CD-R.
- D'Hont A, Souza GM, Menossi M, Vincentz M, van-Sluys MA, Glaszmann JC, Ulian E. (2008). Sugarcane: a major source of sweetness, alcohol, and bio-energy. In: Moore PH, Ming R (eds) Plant genetics and genomics: crops and models. Springer New York. 1: 483–513.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2013) *InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>*
- Flores, S. (1994). Las plagas de la caña de azúcar en México. México.
- Juárez, D.; Muñoz, E. (1998). Requerimientos de riego de la caña de azúcar en la Costa sur de Guatemala. Estudio exploratorio. Guatemala, CENGICAÑA. Documento Técnico No. 15.

- Guerra, F. H. (2000). Efecto de la Fertilización Potásica y Nitrógeno sobre rendimiento, CENGICAÑA. 241 p.
- Hatzios, K. K. (1991). Biotransformations of herbicides in higher plants. En: "Environmental Chemistry of Herbicides", (eds. Grover R y Cessna AJ), Boca Raton, FL, CRC Press, pp. 141-185.
- López, A. (1999). Manejo integrado de plagas de la caña de azúcar organización Pantaleón Concepción. Guatemala. Departamento de Control de Plagas Organización Pantaleón Concepción, Doc. Interno.
- Márquez, J.M.; Hidalgo, H. (2000). Evaluación del nivel de daño del barrenador en 16 variedades del programa de variedades de Cengicaña a través de los estratos altitudinales y épocas de la zafra. Memoria de presentación de resultados de investigación. Zafra 1999-2000. Guatemala. 77-81 p
- Márquez, J.M.; Hidalgo, H. (2002). Identificación de las especies de chinche salivosa asociadas al cultivo de caña de azúcar en Guatemala. Memoria de presentación de resultados de investigación. Zafra 2001-2002. Guatemala. 54-59 p
- Márquez, M.; Hidalgo, H.; Barrios, C.; Sánchez, M.; Solares, E.; López, A. (2003). Estimación de pérdidas causadas por el barrenador del tallo (*Diatraea* spp.) en las variedades CP72-2086 y PR87-2080. CENGICAÑA, 2003. En: Memoria de presentación de resultados de investigación. Zafra 2002-2003. Guatemala. 109-115 p
- Márquez, M.; Rivas, B.; Aguirre, S.; Torres, E.; D.; López, A. (2009). Estudio de la Distribución y Abundancia de los Barrenadores del Tallo en Finca Concepción, Ingenio Pantaleón S.A. CENGICAÑA, 2009 Memoria de presentación de resultados de investigación. Zafra 2008-2009. Guatemala. 134-148 p

- Melgar, M. (2012). Desarrollo tecnológico de la agroindustria azucarera y perspectivas. En: *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O. y Espinosa, R. (eds.). Editorial Artemis Edinter. Guatemala. 512 p.
- Mendonca, A.F. (1996). Distribucao de *Diatraea* spp. (Lep.: Pyralidae) e de seus principias parasitoides lavarais no Continente Americano. *In: Pragas da caña-de-acucar*. Editado por A.F. Mendonca. Insectos & Cia. Brasil. pp 83-121.
- Quijandria, G. (2012). Clasificación taxonómica blogspot. Disponible en: <http://azucardecana.blogspot.com/2012/05/clasificacion-cientifica.html> (recuperado el 10 de octubre de 2012).
- Shimabukuro, R. H. (1985). Detoxification of herbicides. En: "Weed Physiology", Vol. 2, (ed. Duke SO), CRC Press, Boca Raton, pp. 215-240.

XI. ANEXOS

Anexo 1

Análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad de larvas en todo el periodo de evaluación, con transformación $1/\sqrt{x+5}$.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Época	295.47	5	59.09	15.43	0.0001**
Producto	160.14	2	80.07	20.9	0.0001**
Época*Producto	75.58	10	7.56	1.97	0.0455*
Error	344.73	90	3.83		
Total	875.92	107			
CV	27.69				
Media general	7.07				

Anexo 2.

Análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad de larvas por día, con transformación $1/\sqrt{x+5}$.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Día	20.2	7	2.89	11.07	0.0001**
Producto	0.27	2	0.13	0.51	0.6032 ns
Día*Producto	0.94	14	0.07	0.26	0.997 ns
Error	34.64	144	0.26		
Total	59.05	167			
CV	58.22				