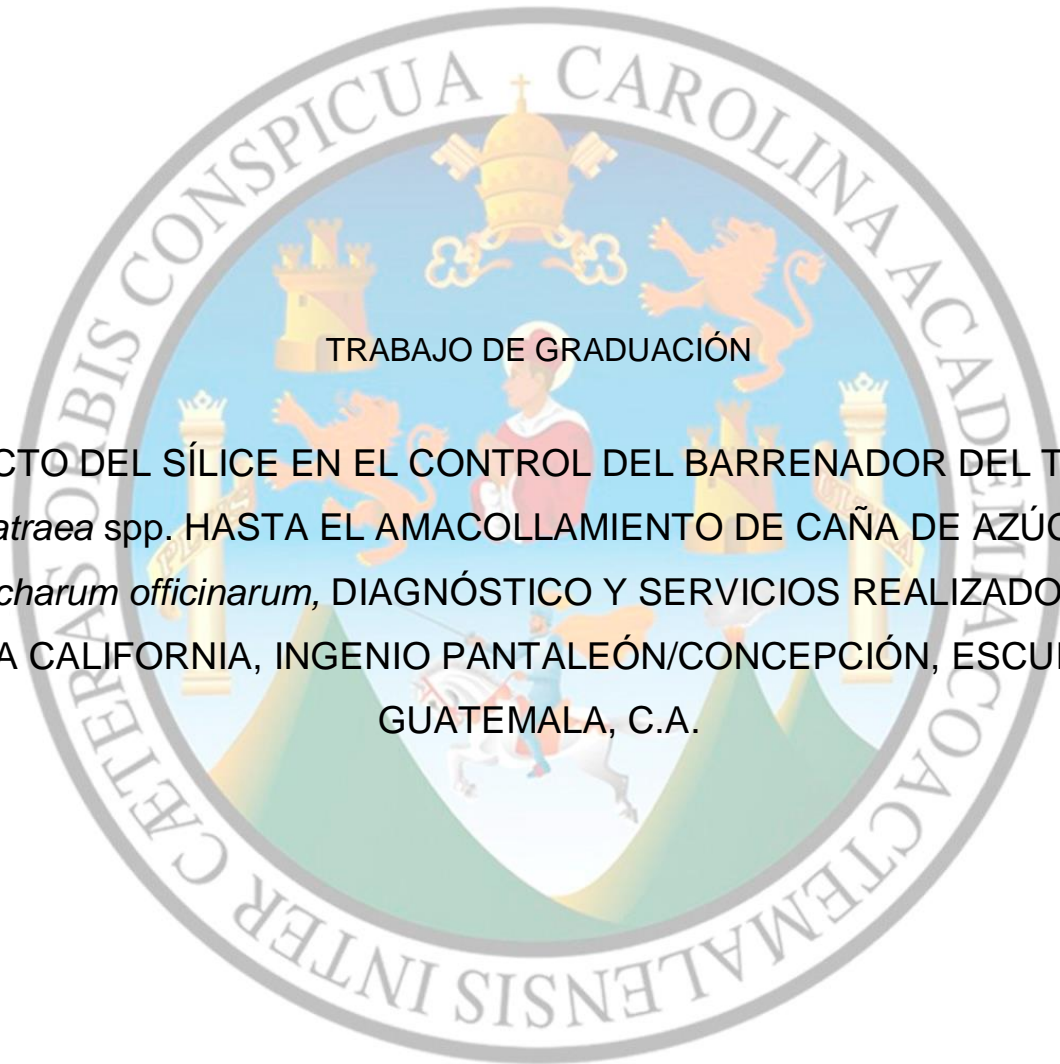


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EFECTO DEL SÍLICE EN EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO
Diatraea spp. HASTA EL AMACOLLAMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR
Saccharum officinarum, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN
FINCA CALIFORNIA, INGENIO PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, ESCUINTLA,
GUATEMALA, C.A.

ANTONIO MOLINA GIRÓN

GUATEMALA, OCTUBRE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EFFECTO DEL SÍLICE EN EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO
Diatraea spp. HASTA EL AMACOLLAMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR
Saccharum officinarum, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN
FINCA CALIFORNIA, INGENIO PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, ESCUINTLA,
GUATEMALA, C.A.

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

POR

ANTONIO MOLINA GIRÓN

200618651

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	Per. Electr. Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

Guatemala, octubre de 2018

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado:

**EFFECTO DEL SÍLICE EN EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO *Diatraea* spp.
HASTA EL AMACOLLAMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum officinarum*,
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA CALIFORNIA, INGENIO
PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ANTONIO MOLINA GIRÓN

200618651

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

Por no dejarme caer ante la adversidad.

MI PADRE:

Antonio Molina Perdomo, Por todas tus valiosas enseñanzas, apoyo incontable, y presión constante a seguir adelante, romper mis metas y lograr siempre ser más profesional en todas mis actividades.

MI MADRE:

Adriana Girón de Molina, Por llenarme de amor incondicional, y siempre enseñarme a demostrar los valores.

MI HERMANA: Laura Molina, por ayudarme arduamente en todos mis años de estudios.

MIS AMIGOS:

Juan Pablo Monroy, Cristian Hernández, Sergio Soto, Fernando Barillas, Marvin Molina ,Jorge Sandoval por los buenos recuerdos y apoyo para culminar mis estudios.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

PANTALEÓN, S.A.

ESTUDIANTES DE AGRONOMÍA

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi Asesor **Ing. Agr. Álvaro Hernández**, por su valioso apoyo y sugerencias oportunas para el enriquecimiento del presente documento.

Mi supervisor **Ing. Agr. Adalberto Rodríguez** por su valioso apoyo y sugerencias oportunas para el enriquecimiento del presente documento.

Ingenio Pantaleón S.A., por permitirme realizar el presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	v
1. CAPÍTULO I.....	1
1.1. Presentación	3
1.2. Marco referencial	4
1.2.1. Ubicación	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Metodología.....	5
1.4.1. Consultas bibliográficas.....	5
1.4.2. Entrevistas	5
1.4.3. Recorridos en campo.....	5
1.5. Resultados.....	5
1.5.1. Compra de insumos y distribución	6
1.5.2. Proceso administrativo del Departamento de Manejo Integrado de Plagas.....	6
1.5.3. Organigrama de producción Ingenio Concepción / Pantaleón	7
1.5.4. Principales actividades en el manejo integrado de plagas en la finca California Pantaleón/Concepción.....	8
1.5.5. Medidas de control para las principales.....	8
1.5.6. Análisis FODA	10
1.6. Conclusiones y recomendaciones.....	13
1.7. Bibliografía.....	14
2. CAPÍTULO II.....	15
2.1. INTRODUCCIÓN.....	17
2.2. MARCO TEÓRICO	18
2.2.1. Marco Conceptual	18
2.2.2. Marco Referencial	29
2.3. OBJETIVOS	35
2.3.1. Objetivo General	35
2.3.2. Objetivos Específicos	35

	Página
2.4. HIPÓTESIS	35
2.5. METODOLOGÍA	36
2.5.1. Descripción de los tratamientos.....	36
2.5.2. Diseño experimental	36
2.5.3. Descripción de la unidad experimental:	37
2.5.4. Variables de respuesta.....	37
2.5.5. Manejo del experimento	38
2.5.6. Croquis de Campo	42
2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
2.6.1. Desarrollo de larvas.....	42
2.6.2. Porcentaje de infestación.....	43
2.6.3. Especies de gusano barrenador del tallo.....	44
2.6.4. Desarrollo de los meristemos.....	45
2.6.7. Análisis de suelo.	46
2.7. Conclusiones.....	47
2.8. Recomendaciones.....	48
2.9. BIBLIOGRAFÍA	49
2.10. ANEXOS.....	52
3. CAPÍTULO III.....	67
3.1. Presentación	69
3.2. Estudio del daño a la caña de azúcar por el barrenador de la caña <i>Diatraea spp.</i> estaciones de monitoreo con dos diferentes condiciones de tallo.	70
3.2.1. Marco Teórico.....	70
3.2.2. Objetivos.....	70
3.2.3. Hipótesis	71
3.2.4. Metodología	71
3.2.5. Resultados.....	72
3.2.6. Conclusiones	75
3.2.7. Recomendaciones	75
3.3. Efecto del tipo de cosecha sobre el rebrote de esquejes de caña de azúcar.....	76
3.3.1. Objetivos.....	76

	Página
3.3.2. Hipótesis	76
3.3.3. Marco Teórico.....	77
3.3.4. Metodología.....	77
3.3.5. Resultados.....	78
3.3.6. Conclusiones.....	79
3.3.7. Recomendaciones	79
3.3.8. Bibliografía.....	80
3.3.9. Anexos.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso para la gestión de compras por parte del Departamento de Manejo Integrado de Plagas hacia la Finca California.....	6
Figura 2. Proceso para la gestión de compras por parte del Departamento de Manejo Integrado de Plagas hacia la Finca California.....	6
Figura 3. Organigrama de producción Ingenio Concepción / Pantaleón.	7
Figura 4. Ilustración del depósito y polimerización del ácido mono silícico debajo de la cutícula, formando una doble capa de cutícula con sílice	19
Figura 5. Ilustración del corte transversal de limbo foliar de una monocotiledónea y desenvolvimiento de la hifa de hongo en tejido foliar acumulado de sílice	20
Figura 6: Tubérculo metotorácico dorsal alagado para D.Saccharlis y en forma “B” para D.crambidoide	23
Figura 7. monitoreo del desarrollo del cultivo días después de la cosecha para el control del barrenador del tallo Diatraea spp	28
Figura 8: Mapa de grupos de manejo de suelos, Finca California, Ingenio Concepción.	30
Figura 9: Estudio semi detallado de suelos, Finca California, Ingenio Concepción.	31
Figura 10: Mapa de Finca California.	34
Figura 11. Croquis de campo de las 16 unidades experimentales en 3.86 ha.....	42
Figura 12: Distribución de los porcentajes de incidencia de especies de gusano barrenador del tallo	44
Figura 13 ^a . Fotografía de las Instalaciones utilizadas para la determinación de daño a mandíbulas de barrenador del tallo.....	54
Figura 14A. Fotografía de la separación de unidades experimentales.....	55
Figura 15A. Fotografía de las unidades de muestreo, dosis de sílice aplicadas	55
Figura 16A. Fotografía de la altura de macolla al momento de la siembra	56
Figura 17 ^a . Fotografía de la colecta y muestreo de larvas de Diatraea sp	56
Figura 18 ^a . Fotografía del producto comercial utilizado para la aplicación de los tratamientos	57

	Página
Figura 19 ^a . Fotografía de la identificación de tratamientos evaluados.....	57
Figura 20 ^a . Fotografía de la colecta de larvas de <i>Diatraea</i> sp en campo	58
Figura 21 ^a . Fotografía de la mandíbula de <i>Diatraea</i> sp, a) tratamiento 300 kg/ha, b) tratamiento de 200 kg/ha de sílice, c) tratamiento testigo	59
Figura 22 ^a . Gráfica de la comparación de pesos de plantas dañadas, en sus respectivos niveles, 1 Leve, 2 Moderado, 3 Severo, durante el tiempo	65
Figura 23. Distribución del daño de barrenador del tallo en el periodo de estudio	73
Figura 24. Gráfica de la cantidad de material necesario para resiembra en dos tipos de cosecha de caña de azúcar.....	79
Figura 25a: Distribución de zonas de corte del lote 1303 con cosecha mecanizada	81
Figura 26a: Distribución de zonas de corte de lote 204 con cosecha manual	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar	21
Cuadro 2. Ciclo biológico de <i>Diatraea</i> spp.....	22
Cuadro 3: Umbral control-criterio para la liberación de <i>Cotesia Flavipes</i> en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar	26
Cuadro 4: Umbral control-criterio para la aplicación de <i>Bacillus thuringensis</i> en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar	27
Cuadro 5: Escala de Daño respecto al peso de meristemos dañados	40
Cuadro 6: Número de tratamientos, aplicaciones, dosis y días de aplicación	41
Cuadro 7. Análisis antes de la aplicación de SiO ₂ (silicato agrícola térmico)	46
Cuadro 8. Análisis después de la aplicación SiO ₂ (silicato agrícola térmico)	46
Cuadro 9 ^a . Boleta para el registro de daño y densidad larval del barrenador del tallo. Etapa de Macollamiento. CENGICAÑA-CAÑAMIP	52
Cuadro 10 ^a . Boleta utilizada para la identificación de especie de <i>Diatraea</i> spp	53
Cuadro 11 ^a . Boleta para la toma de datos de peso y longitud de las larvas	53
Cuadro 12 ^a . toma de datos los meristemos apicales.....	54
Cuadro 13 ^a . Resultados del análisis de varianza para la variable longitud de larva (mm).....	60
Cuadro 14 ^a . Resultados del análisis de varianza para el peso de meristemos dañados.....	65
Cuadro 115a: Resultados del análisis de correlación para las variables nivel de daño y peso de meristemo	65
Cuadro 16: Resultado de análisis de varianza para la distribución de daño del barrenador de la caña	74
Cuadro 17: Resultado del análisis de varianza para la condición del tallo y el daño del gusano barrenador del tallo	75
Cuadro 18: Resultados de análisis de varianza para el porcentaje de resiembra	78

EFFECTO DEL SÍLICE EN EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO
Diatraea spp. HASTA EL AMACOLLAMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR
Saccharum officinarum, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN
FINCA CALIFORNIA, INGENIO PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, ESCUINTLA,
GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

La industria azucarera ha crecido en el país ubicándose como el quinto país exportador de azúcar a nivel mundial y el segundo en Latinoamérica, además de ser el tercer lugar en productividad (toneladas métricas de azúcar/ha), (CENGICAÑA, 2013).

El Ingenio Pantaleón invierte recursos en el Departamento de Manejo Integrado de Plagas ya que promueve el desarrollo, adaptación y transferencia de estrategias económicas para reducir las pérdidas económicas y proporcionar un beneficio social y ecológico para la industria azucarera.

El Ejercicio Profesional Supervisado se realizó durante los meses de Agosto 2014- Mayo 2015, en el Ingenio Pantaleón-Concepción. Según el diagnóstico generado, el manejo integrado de plagas en la Finca California se basa actualmente en aplicaciones de insecticidas, control biológico y control cultural con el objetivo de reducir el daño ocasionado por plagas.

Sé determinó que la aplicación de sílice no presentó pruebas consistentes para determinar una disminución del porcentaje de infestación de larvas *Diatraea* spp. durante la fase amacollamiento durante 75 días, además que la adición de sílice a una dosis de 300 kg/ha no disminuye significativamente la cantidad de larvas/ha ni la longitud de las mismas, ya que el testigo 0 kg/ha presentó resultados similares, sin embargo, no existe efecto directo del aumento de peso por parte de meristemas dañados en la escala visual por la adición de dosis progresivas de sílice en la fase de amacollamiento de caña de azúcar.

El efecto de sílice no disminuyó los daños a meristemas de igual manera con el crecimiento en longitud y de población de barrenador de la caña.

Como parte de los servicios realizados durante el periodo de EPS, se encuentra el monitoreo de la dinámica poblacional del barrenador del tallo utilizando estaciones fijas de muestreo en distintas condiciones de posición del tallo, postrado y erecto, además de tres niveles de ubicación de daño: base, media y superior; presentando que el mayor daño percibido por parte del barrenador del tallo se encuentra en la condición postrado por presentar un microclima más idóneo para el incremento de la población de plagas y no se encontró diferencias en el daño según la región del tallo muestreada.

Como parte de los servicios prestados, también se encuentra la evaluación del efecto del tipo de cosecha sobre el rebrote de esquejes de caña de azúcar, en donde se evaluaron la cosecha mecanizada en comparación con la cosecha manual, encontrándose que la cosecha mecanizada, al presentar menos efecto invasivo, presentó mejores condiciones edáficas para incrementar el porcentaje de rebrote de esquejes de caña de azúcar.



1. CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO GENERAL DEL DEPARTAMENTO DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DE LA FINCA CALIFORNIA, INGENIO PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

1.1. Presentación

La agroindustria azucarera guatemalteca ha crecido desde 1960, ubicándose 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). El azúcar es el segundo producto agrícola en generación de divisas, lo que es una importante contribución a la economía nacional, (ASAZGUA, 2015).

El manejo integrado de plagas es de importancia en la agricultura por que promueve el desarrollo, adaptación y transferencia de estrategias de importancia económica que permitan reducir las pérdidas económicas y proporcionen un beneficio social y ecológico para la industria azucarera.

La Finca California, la cual pertenece al Ingenio Pantaleón/Concepción, utiliza y promueve el manejo integrado de plagas, el cual conlleva una serie de procesos como: muestreos, aplicaciones de insecticidas, control biológico para distintas plagas de importancia como barrenador del tallo (*Diatraea spp*), chinche salivosa (*Aenolamia postica*), rata de campo (*Sigmodus hispidus*).

El manejo integrado de plagas en la Finca California se basa actualmente en aplicaciones de insecticidas, control biológico y control cultural con el objetivo de aplazar o reducir el daño ocasionado por plagas.

Tomando en cuenta todos los aspectos generales del Departamento de Manejo Integrado de Plagas, se realizó un diagnóstico de la Finca California del Ingenio Pantaleón-Concepción, debido a que la mayor parte del área de esta finca se encuentra con daño considerable de plagas.

1.2. Marco referencial

1.2.1. Ubicación

El Departamento de Manejo Integrado de Plagas se localiza en el Ingenio Pantaleón, a su cargo también se encuentra la Región Este, la cual opera el Ingenio Concepción.

La Finca California se encuentra localizada en el kilómetro 88 carretera a Taxisco, CA2 oriente, perteneciente al municipio de Escuintla, departamento Escuintla, se encuentra a una altitud de 25 msnm con una precipitación pluvial (mm/año) de 1500 y una temperatura de 21°C mínima, 27.5 °C media, y 33.4 °C máxima.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la situación del Departamento de Manejo Integrado de Plagas en la Finca California, Pantaleón-Concepción.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Conocer las actividades principales para el control de plagas en la Finca California, Ingenio Concepción.
- Definir la situación actual del Departamento de Manejo Integrado de Plagas con relación al área administrativa, y operacional.
- Definir las carencias del Departamento de Manejo Integrado de Plagas de la Finca California, Ingenio Concepción.

1.4. Metodología

1.4.1. Consultas bibliográficas

Se recopiló la información necesaria, proveniente de fuentes primarias y secundarias de CENGICAÑA y Pantaleón/ Concepción S.A. entre otros, para obtener conceptos más claros relacionados a la elaboración de diagnósticos.

1.4.2. Entrevistas

Realizada a jefes de región, jefes de zona, supervisores de producción agrícola, encargados de cultivos, riegos y demás personal involucrado directamente en la producción.

1.4.3. Recorridos en campo

Para la supervisión de áreas a diagnosticar con el fin de obtener información correlacionada directamente con la situación real.

1.5. Resultados

El Departamento de Manejo Integrado de Plagas del ingenio Pantaleón-Concepción contribuye a reducir el ataque temprano y tardío de las diferentes plagas y abastece de soluciones y productos a todas las fincas, en el caso de Finca California le abastece por medio de un proceso de gestión de compras de productos como: Actara® (Thiametoxam), Jade® (Imidacloprid), VPN (Virus de la poliedrosis nuclear), Coragen® (Chlorantraniliprole) entre otros. Ya que cuentan con laboratorio de crianza del parasitoide *Cotesia flavipes* (Hym: Braconidae).

1.5.1. Compra de Insumos y distribución

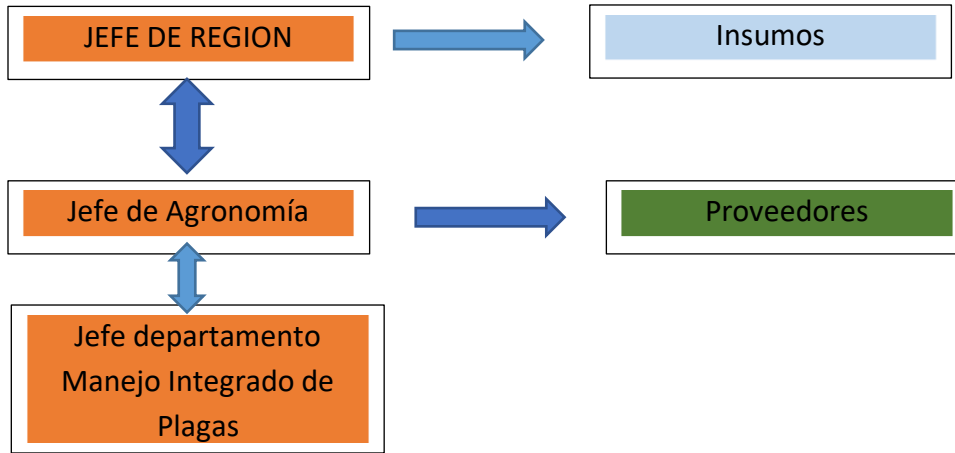


Figura 1. Proceso para la gestión de compras por parte del Departamento de Manejo Integrado de Plagas hacia la Finca California

Fuente: Elaboración propia

El organigrama de la figura 1 explica el proceso de adquisición de insumos para el control de plagas en terrenos de la Finca California, los requerimientos de productos en base a muestreos son generados por el jefe del Departamento de Manejo Integrado de Plagas, el mismo solicita la cotización a los proveedores y le traslada a el jefe de agronomía y región para la aprobación del presupuesto.

1.5.2. Proceso administrativo del Departamento de Manejo Integrado de Plagas

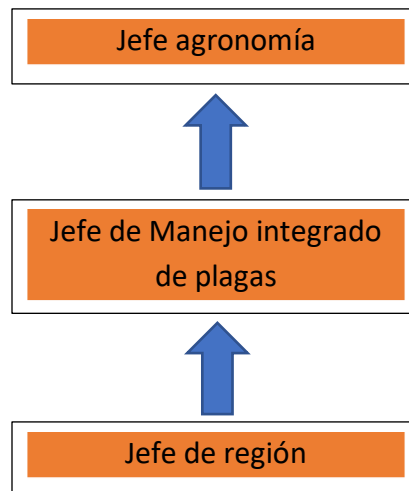


Figura 2. Proceso para la gestión de compras por parte del Departamento de Manejo Integrado de Plagas hacia la Finca California.

Fuente: Elaboración propia

El organigrama de la figura 2 explica el proceso de toma de decisiones para el control de plagas y enfermedades dentro del ingenio concepción en la cual se explica que el jefe de región expone la problemática al jefe encargado de dicha acción que es el jefe de manejo integrado de plagas para la toma de decisión de control con el jefe de agronomía

1.5.3. Organigrama de producción Ingenio Concepción / Pantaleón

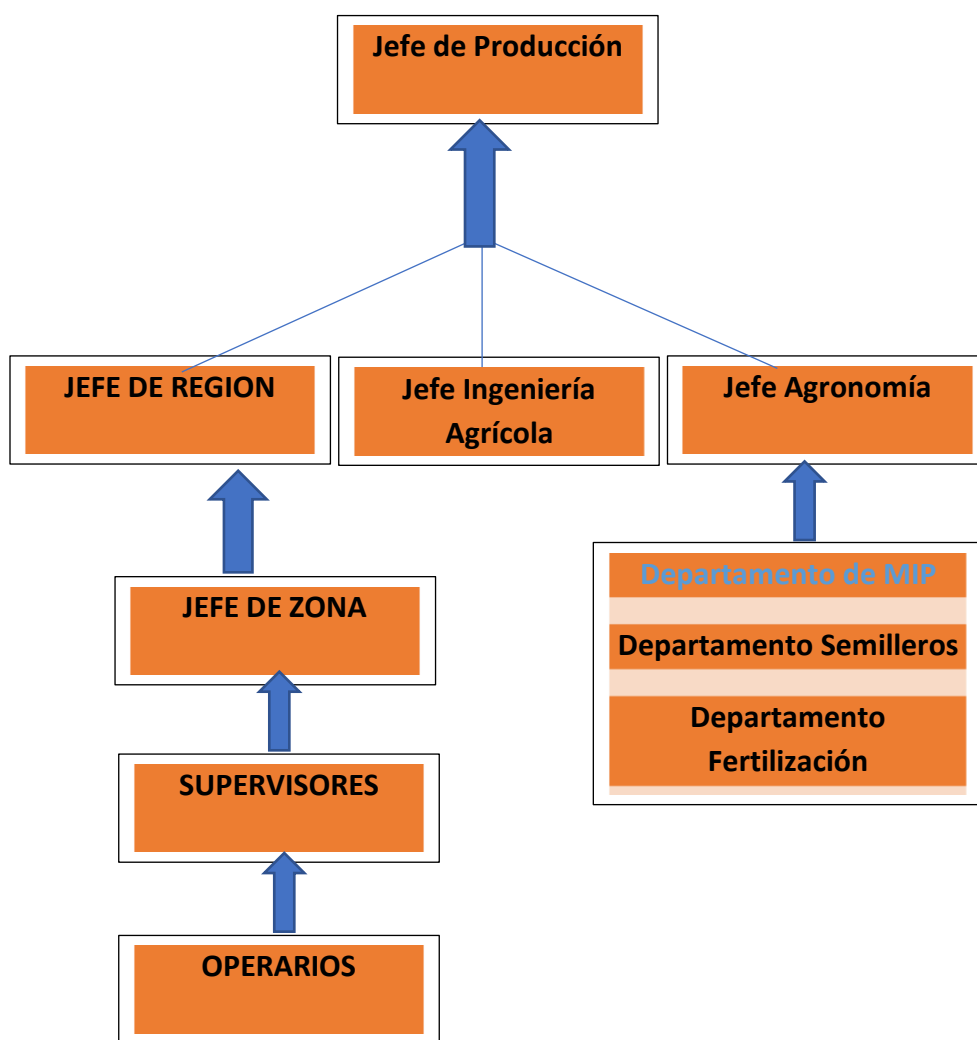


Figura 3. Organigrama de producción Ingenio Concepción / Pantaleón.

Fuente: Elaboración propia

El organigrama de la figura 3 se explica cómo se adquiere la información de campo que es generada por el trabajador de campo y se traslada al jefe de zona y posteriormente al jefe

de región para monitoreo de la incidencia de plaga y toma de decisiones en base a procedimientos establecidos, que se someten a constantes actualizaciones

1.5.4. Principales Actividades en el manejo integrado de plagas en la finca California Pantaleón/Concepción.

Según el tipo de plaga que se planea controlar se toman diferentes medidas de control abarcando control químico, control biológico, control cultural, control físico.

Principales plagas que actualmente atacan al cultivo de caña de azúcar en la Finca California:

1. *Aeneolamia postica* – Chinche salivosa
2. *Diatraea Cramboides* – Barrenador del tallo
3. *Diatraea Saccharlis* -----Barrenador del tallo
4. *Sigmodon hispidus*----- Rata de campo

1.5.5. Medidas de control para las principales

A. *Aeneolamia postica*

Después del monitoreo en el lote deseado, se realiza un croquis para luego identificar focos (altos índices de insectos por tallo), existe el monitoreo de detección, seguimiento, aplicación de biológico y de la aplicación de químico.

Control Químico: utilización de plaguicidas tales como Jade® (Imidaclopir), Actara® (Thiametoxan)

Control Físico –Mecánico: Utilización de trampas verdes para la captura de adultos, paso de rastra sanitaria y desbasurado, paso de escarificado.

Control Cultural: los lotes con problemas de chinche salivosa se deben drenar de la mejor manera y evitar tener acumulación de agua, y no tener malezas dentro y fuera del lote para evitar hospederos de la plaga.

Control Biológico: este control no se utiliza en la Finca California debido a que consiste en la aplicación aérea y terrestre según monitoreo del hongo *Metharizium sp*, y este hongo no soporta la temperatura del estrato litoral en el cual está ubicada la Finca California.

B. Diatraea Crambidoidea

Se realizan muestreos de daño en cosecha y a partir de allí se realizan muestreos de infestación de la plaga durante el desarrollo del cultivo se tiene un 3% de intensidad de infestación como criterio para tomar las medidas de control.

Control Químico: utilización de plaguicidas (Coragen® Certero®) se aplican de forma terrestre y aérea.

Control Cultural: entresaque de meristemas apicales, este método generalmente se utiliza los primeros 3 meses después de la siembra, la densidad de larvas por ha se utiliza como criterio para su control.

Control Biológico: Utilización de VPN (virus de la poliedrosis nuclear) y *Bacillus thuringensis*, Liberación de *Cotesia flavipes*. Para la liberación de *Cotesia flavipes* el criterio de cuantas y cuando se van a liberar se basa en el porcentaje del barrenador del 3% y también según el instar del insecto. Para las aplicaciones de *Bacillus thuringensis* se usa como criterio larvas por ha. Las aplicaciones son terrestres y aéreas.

C. *Sigmodon hispidus*

Control Químico: utilización de producto “Mata Rata”, las aplicaciones son aéreas y terrestres.

Control Físico – Mecánico: Uso de trampas “Víctor” utilizando pedazos de tortilla como cebo para las aplicaciones de tramas se utilizan por lo general 10 trampas/ha y son distribuidas cada 20 m de largo y 10 o 15 m de profundidad.

Control Biológico: se utilizan lechuzas (*Tito alba*) y gavilanes (*Accipiter nisus*) para el control natural de la rata, se coloca paquetes de 4-5 m de altura separadas de 100 a 150 m una de otra cuando el cultivo es joven en áreas de infestación mayor a 5 %, cuando el habitat de roedores cercanos a los cultivos de caña, o cultivares de caña de azúcar colindan con diferentes cultivos como maíz, arroz, palma. Se utilizan perchas e 5-6 m de altura separadas a 200 m y se colocan cajas de anidamiento para lechuzas, considerando que tengan áreas para destazar los roedores.

1.5.6. Análisis FODA

Se realizó un análisis FODA como herramienta para analizar el Departamento de Manejo Integrado de Plagas, en la Finca California.

A. Fortalezas

- Alta disponibilidad de productos químicos, siempre se tiene el producto deseado a aplicar con anticipación.
- Se crean programas de labores semanalmente estoy brinda apoyo ya que se planifican con cuidado y detalladamente todas las actividades dentro del departamento en Finca California.

- Siempre existe personal operante de labores diarias dentro del departamento; estas actividades se pueden describir como muestreo de distintas plagas, en distintas fases de la planta, aplicaciones manuales con bomba de mochila, bombas de motor, bombas de presión, colocación de trampas como control mecánico (trampas verdes para chinche salivosa, y trampas de luz para capturar al adulto del gusano barrenador del tallo) etc.
- En el ámbito laboral dentro del Departamento de Manejo Integrado de Plagas de la Finca California se puede destacar que existe una comunicación cercana supervisor-caporal-peones lo cual permite un canal de información muy segura entre lo que ocurre en el campo y planificación.
- Automatización y registro de metodologías de muestreo y otras, además de la Capacitación constante por parte de recursos humanos, apoyan a supervisores, caporales y operadores para la sistematización de la calidad en actividades realizadas en el departamento y se siga teniendo un porcentaje de eficiencia alto dentro del departamento.

B. Oportunidades

- Crecimiento y superación dentro del ámbito laboral, operadores son promovidos a caporales, lo cual genera una motivación laboral dentro de los demás apoyando así que el departamento tenga mejores resultados desde el nivel operacional.
- Certificaciones ISCC, ISO-9000 obtenidas por Ingenio Pantaleón/Concepción, lo que promueve una sistematización del proceso y mantenimiento de la calidad exigida por el mercado internacional.

C. Debilidades

- Falta de equipo de protección personal (gafas, guantes de látex, guantes de hule, botas de hule, pre-filtros de carbón utilizadas en la mascararas de protección, muchas veces se usan mascararas desechables, etc.) que utiliza el operador de las distintas actividades del departamento, la más peligrosa a destacar serían las aplicaciones terrestres de insecticidas.
- Por medio de reporte se identifica área de trabajo los cuales entran en un sistema de códigos, sin embargo, el operador no cuenta con tiempo suficiente para llenar reportes después de sus labores en el campo lo cual genera una acumulación de reportes en la semana y posterior descontento entre los operadores y el caporal.
- Los muestreos de barrenador del tallo (*Diatraea crambidoides*, *Diatraea saccharalis*) no se toma en cuenta la opción de generar datos con estaciones permanentes de monitoreo en lotes altamente infestados, simplemente se continua con los muestreos propuestos.

D. Amenazas

- Existe falta de comunicación y apoyo entre otros departamentos (Departamento de Riegos, Departamento de Maquinaria) que trabajan en Finca California, simplemente las acciones solicitadas a otros departamentos se realizan, pero se hace lento, o se reprograman repetidamente lo cual ayuda a que la eficiencia del departamento disminuya.
- El daño causado por chinche salivosa (*Aenomalia postica*) en los muestreos se destaca por revelar los focos, mas no se ha establecido un sistema de ubicación de focos por medio de un sistema de información geográfica.

1.6. Conclusiones y recomendaciones

El Departamento de Manejo Integrado de Plagas de la Finca California apoya el Ingenio Pantaleón, por medio de la sistematización y ordenamiento, en base a las actividades diarias, en la Finca California está conformado por un caporal y 40 operarios encargados de actividades.

Las plagas más importantes durante todo el año del cultivo son chinche salivosa, gusano barrenador del tallo, rata de campo las actividades para su manejo son muestreos, (varían según fenología de cultivo), tipo de control previo (químico, biológico, mecánico, cultural) estos controles varían en dosis, numero de aplicaciones, tipo de aplicaciones (terrestre, aérea), equipo a utilizar (bomba de mochila, bomba de motor bomba de presión) según los resultados de los muestreos. Generalmente en lotes con historial de alto porcentaje de infestación se asume que los muestreos van a ser altos y su control debe ser constante.

El Departamento de Manejo Integrado de Plagas abastece a cada finca de productos químicos, mecánicos y biológicos por medio de una cadena de gestión de compras además de capacitar a operarios y caporales sobre cómo trabajar de manera efectiva en sus labores diarias.

Se identificaron como limitantes la falta de EPP (equipo de protección personal) en repetidas ocasiones, falta de monitoreo contantes en estaciones para el barrenador del tallo y ver su dinámica poblacional y la falta de identificación de focos de chinche salivosa en un sistema de información geográfica.

1.7. Bibliografía

1. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, Guatemala). 1997. Informe anual. Guatemala. 36 p.
2. CAÑAMIP (Comité de Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2000. Muestreo de infestación en macollamiento; Benchmarking sobre el manejo integrado del barrenador del tallo. Guatemala, CAÑAMIP / Programa MIP-CENGICAÑA. 34 p.
3. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Ingeniería del Campo. 137 p.
4. _____. 1998. Géneros de importancia y distribución de *Diatraea* spp. Guatemala, CAÑAMIP. 102 p.
5. _____. 2001. Grupo de manejo de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Ingeniería del Campo. 140 p.
6. CENICAÑA (Centro Colombiano de Investigación y Capacitación en Caña de Azúcar, Colombia). 2002. Características agronómicas y de productividad de la variedad CC 85-92. Colombia. 80 p.
7. De la Cruz S., JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p. 16, 20.



2. CAPÍTULO II

EFFECTO DEL SÍLICE EN EL CONTROL DEL BARRENADOR DEL TALLO
Diatraea spp. HASTA EL AMACOLLAMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR
Saccharum officinarum, INGENIO PANTALEÓN/CONCEPCIÓN,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

SILICON CONTROL EFFECT ON BORER WORM *Diatraea* spp. UNTIL
TILLERING FASE IN SUGAR CANE *Saccharum officinarum*
PANTALEÓN/CONCEPCIÓN SUGAR MILL, ESCUINTLA, GUATEMALA,
C.A.

2.1. INTRODUCCION

La caña de azúcar es un cultivo extensivo que ocupa un área de 187,000 has y tiene un ciclo de vida anual. La producción, industrialización y comercialización de la misma son actividades de relevancia económica en Guatemala generando más de 50,000 empleos (ASAZGUA, 2015).

La caña de azúcar es atacada por diversas plagas en todas sus etapas fenológicas, causando daños, entre las más perjudiciales están los barrenadores del tallo *Diatraea* spp; dicha plaga repercute directamente en la productividad de la planta si no se le da el manejo adecuado, en estado larval penetran en el tallo y pasan allí la mayor parte de su ciclo de vida, protegidos de factores externos adversos, alimentándose de los tejidos azucarados internos.

El control curativo y preventivo de dicha plaga se complica, por lo que programas de manejo integrado de plagas son vitales para la comprensión y control de dicha plaga como insectos parasitoides, control etológico, entre otras, Sin embargo en las últimas décadas se ha estudiado el comportamiento de la plaga a la aplicación de distintos nutrientes no esenciales, entre ellos el sílice, el cual provee mayor rigidez a la pared celular debido a que la caña de azúcar acumula grandes cantidades de sílice en forma de gel.

Por lo anterior esta investigación tuvo como objetivo general evaluar el efecto de sílice (SiO_2) en el control del barrenador del tallo *Diatraea* spp en la fase de siembra hasta la fase de amacollamiento en el cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, determinando que no existe actividad concluyente para recomendar una dosis de sílice para el control de larvas.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

A. El Mineral Sílice (SiO₂)

El sílice constituye aproximadamente el 28 % de la corteza terrestre, que es categorizado como el segundo elemento más abundante en la tierra después del oxígeno. No obstante, a pesar del alto contenido total de Si en el suelo, la cantidad del elemento disponible para las plantas puede ser insuficiente en muchos casos. Gran cantidad de suelos de Asia, África y América Latina son altamente meteorizados, por tanto, las plantas responden bien a aplicaciones del elemento. (Wollast Y Mackezie, 1983; Epstein, 1994; Marschner, 1995, Datnoff et al., 1997, Epstein, 1999, Datnoff et al., 2007)

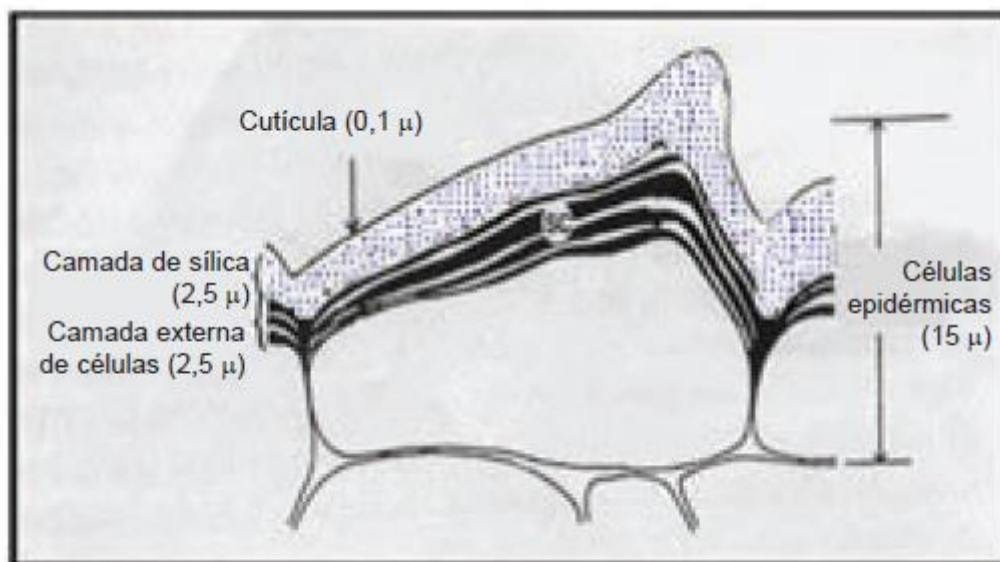
Desde 1960, más de 80 artículos científicos demuestran el beneficio de el sílice en varios cultivos en el control de plagas, como consecuencia aumento de la producción principalmente en cultivos susceptibles (Laing y Adandonon, 2005)

Las respuestas de rendimiento observadas a las aplicaciones de sílice son diversas, tales como: la reducción de la toxicidad de Fe, Al y Mn; la reducción de la fijación de P del suelo; la regulación de la transpiración favoreciendo un uso más eficiente del agua y plantas más erectas favoreciendo una mayor fotosíntesis debido a que las hojas se mantienen más erectas por más tiempo. (Dayanandamet *al*; 1983).

B. Efecto del silicio contra los insectos

Los beneficios de la mayor concentración de silicio (natural o al suministro a través de los procesos de fertilización) en el suelo son vistos en la nutrición y producción desde ámbitos, destacando los siguientes en el sistema Suelo-Planta: refuerza en la planta su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha (Quero 2008), tiene acción sinérgica con el calcio, el magnesio y el potasio, mejorando la vida media de las cosechas percederas (Viana 2008), autoprotección

contra enfermedades causadas por hongos y bacterias, resistencia al ataque de insectos y ácaros y a las condiciones desfavorables de clima. Puede estimular el desarrollo y actividad de estructuras poliméricas en la cutícula (Chaudhary et al.2003, Quero 2008), (Meyer and Keeping, 2000; Korndorfer et al; 2002), Figura 12.



Fuente: Yoshida (1965)

Figura 4. Ilustración del depósito y polimerización del ácido mono silícico debajo de la cutícula, formando una doble capa de cutícula con sílice.

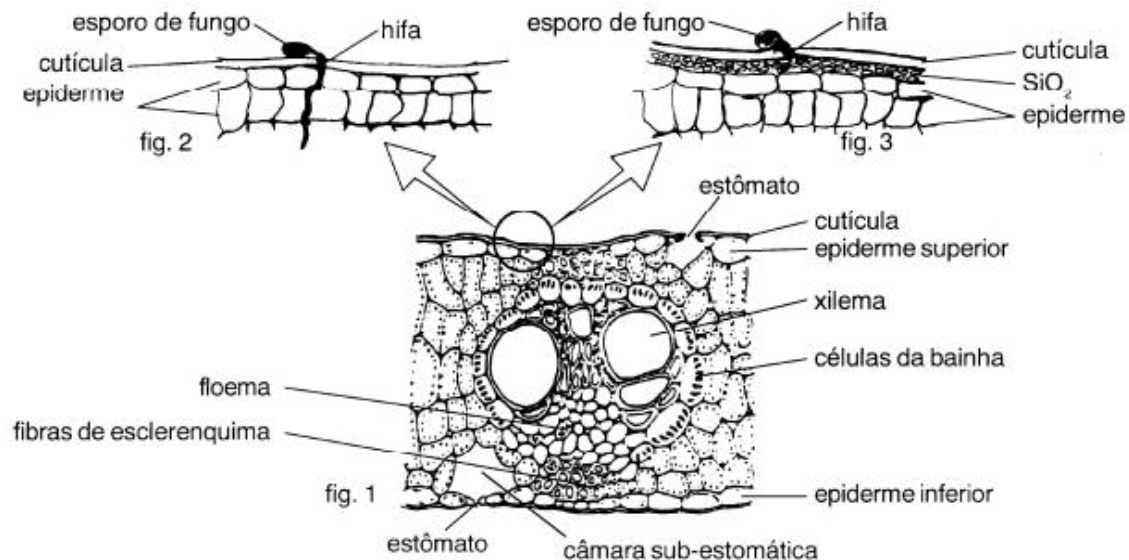
La acción del silicio sobre los insectos herbívoros puede ser considerada de dos formas acción directa, como el desgaste de la mandíbula, por medio de la atracción de enemigos naturales de la plaga (Kvendaras y Keeping, 2007; Reynolds et al; 2009)

C. Formas de absorción

Según Viana (2008), el Dióxido de Silicio (SiO_2) que se acumula bajo la cutícula de las hojas, tallos y raíces en forma de cristales de silicio, es posible que provenga del proceso de la transpiración de las plantas, el agua es transportada por el xilema hacia las epidermis y paredes celulares y tricomas. Este producto puede prevenir del Ácido Silícico (H_4SiO_4), según la reacción $n(\text{Si}(\text{OH})_4) \rightarrow n(\text{SiO}) + 2n(\text{H}_2\text{O})$ (Fertilizante de Centroamérica 2008), formándose el ácido ortosilícico, el cual produce resistencia a la entrada de las hifas de los hongos y a los aparatos bucales de los insectos, minimizando el ataque de los chupadores

y de los masticadores en sus primeros instares, dificultando de esta manera los daños en general. (Datnoff et al. 1990, 1991, Osuna-Canizales et al. 1991; Kornörfer et al. 1999.)

El silicio juega un papel importante en la planta, este elemento controla el desarrollo del sistema radicular, la asimilación y distribución de nutrientes minerales e incrementa la resistencia de la planta al estrés abiótico (temperatura, viento, alta concentración de sales y metales pesados, hidrocarburos, aluminio, etc.) y biótico (insectos, hongos, enfermedades) (Quero 2007, 2008; Viana 2008, Chaudhary et al. 2003, Hernández 2002). Según Hernández (2002), en las gramíneas se deposita en la pared celular de la epidermis, pelos, brácteas, etc; También se deposita en el interior, como sucede en el xilema (Fihlo et al. 2000). El silicio es depositado como sílice hidratada amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), primeramente, en el retículo endoplasmático, pared celular y en los espacios intercelulares (Wild 1992).



Fuente: Bidwell, RGS,1974

Figura 5. Ilustración del corte transversal de limbo foliar de una monocotiledónea y desenvolvimiento de la hifa de hongo en tejido foliar acumulado de sílice.

D. Fuente de sílice

A. Silicato Agrícola Térmico

Es un producto de tipo fertilizante aplicado al suelo, con una formulación granulada. Su composición química es 75 % de Silicio (SiO_2), y 25 % de ingredientes inertes.

E. Composición química de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar.

En el cuadro 1, se presenta la composición química de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar.

Cuadro 1. Composición química de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar

Descripción	Cenizas de bagazo de caña de azúcar
Análisis químico %	
SiO_2	36.52
Al_2O_3	0,00
Fe_2O_3	1.53
CaO	2.69
MgO	4.16
SO_3	3.35
K_2O	22.04

Fuente: CENGICAÑA, 2003.

F. *Diatraea* spp.

G. Clasificación Taxonómica

Clase: Insecta

Orden: Lepidóptera

Familia: Pyralidae

Género: *Diatraea*

Especies: *D. crambidoides*, *D. saccharalis*

H. Características Biológicas

Los barrenadores del tallo de la caña de azúcar del género *Diatraea* spp se reproducen de manera normal, tienen metamorfosis holometábola o completa, caracterizada por presentar su desarrollo biológico en fases diferenciadas que comprenden los estados: huevo, larva, pupa y adulto. En el Cuadro 2 Bleszynski (1969) cita 21 especies del género *Diatraea* spp en el continente americano.

Cuadro 2. Ciclo biológico de *Diatraea* spp.

Estado de desarrollo	<i>D.saccharalis</i>	<i>D.crambidoides</i>
Huevo	5-6	5-6
Larva	21-23	33-43
Pupa	8-10	8-10
Adulto	3-4	3-4
Promedio	40	56

Fuente: elaboración propia, 2016.

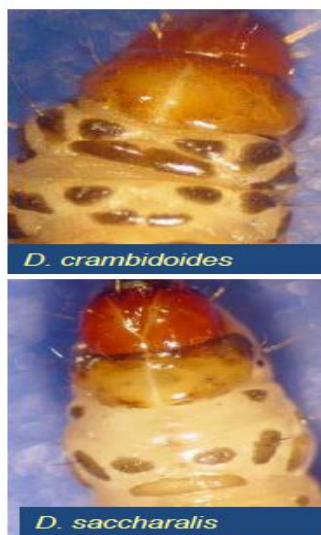
I. Larva

Es de tipo eruciforme, típica del orden Lepidóptera, sin setas secundarias; con 3 pares de patas y cuatro pares de propatas normales y un par anal o telson. Presenta el escudo cervical ancho, dividido y con lunares característicos dispuestos irregularmente, y tubérculos o pináculos ligeramente quitinizados. Las setas dorsales tienen los segmentos del uno a los siete separados, con tendencia a unirse en el octavo, y completamente separados en el segmento nueve. La cabeza de la larva es de color ámbar y está armada con fuertes mandíbulas masticadoras, que son las que le permiten perforar el tallo de la caña de azúcar.

Recién emergidas del huevo son de color amarillento de 15.2 mm de largo, completamente desarrolladas miden de 20 mm a 33 mm de largo. (Layward, 1942; Bioagro, 2011)

Las larvas pasan a través de seis instares, de los cuales el primero ocurre sobre las hojas y los demás dentro del tallo de la planta hospedera. (Bioagro, 2011)

En la figura 6 , se describe la forma para poder diferenciar larvas de las 2 distintas especies *D.saccharalis* y *D.crambidoide*.



Fuente: CENGICAÑA,1998

Figura 6: Tubérculo metotorácico dorsal alargado para *D.Saccharlis* y en forma “B” para *D.crambidoide*.

J. Tipo de daño

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. Esta plaga puede atacar los tallos de caña en cualquiera de sus etapas de crecimiento, desde el brote hasta la madurez.

En tallos con entrenudos, las larvas dejan unas galerías transversales, que causan el volcamiento de las cañas. Esto causa la pérdida de peso, activación de brotes laterales, enrizamiento aéreo, pérdida de azúcares en el tallo; sin embargo, los daños indirectos son los más considerables, ya que a través de los orificios y galerías horizontales penetran insectos secundarios, tal es el caso del picudo rayado *Metamasius emipterus* L., y los hongos *Colletotrichum falcatum*, *Fusarium moniliforme*, que son los causantes de la pudrición roja. Estos hongos son los responsables de la inversión de la sacarosa, debido a que disminuye la cantidad y pureza del jugo que se extrae de la caña de azúcar, el cual tiene bajo contenido de sacarosa, como de 10 % a 20 %, por lo que es menor el rendimiento de azúcar y alcohol.

K. Tipos de control para *Diatraea spp.*

a. Control químico

Nombre común: Coragen 20 SC

Nombre químico: Clorantraniliprole

Mecanismo de acción:

El modo de acción se basa en la activación de los receptores ryanodina de los insectos (RyRs), estos receptores se encargan de regular la liberación de calcio, el cual ayuda a los insectos a las contracciones musculares para poder movilizarse por el alimento. El efecto

que tiene sobre estos es que provoca una liberación descontrolada y agotamiento del calcio interno, impidiendo por ende las contracciones musculares.

Ingrediente activo:

clorantraniliprol:3-bromo-N-[4-cloro-2-metil-6-[(metilamino)carbonil]fenil]-1-(3-cloro-2piridinil)-1Hpirazol-5-carboxamida.

b. Control Biológico

Liberación de parasitoides de *Cotesia flavipes* y *Trichogrammia exegum*, los cuales parasitan con huevos a las larvas del *Diatraea spp.* También se utiliza la bacteria *Bacillus thuringensis* como control para disminuir las poblaciones de *Diatraea spp.*

$$\% \text{ parasitismo en campo} = \frac{\text{Larvas parasitadas}}{\text{Larvas recolectadas}} * 100$$

a. Metodología para liberación de *Cotesia Flavipes* y *Bacillus thuringensis*

Evaluación liberación de cotesia: se debe seleccionar un bloque (>50 ha) en el cual se tenga la misma variedad, edad de corte similar (+/- un mes), mismo estatus (soca o renovación) y sistema de cosecha a este bloque se le debe muestrear el 25% del área en muestras de 5 hectáreas cada una; Cada muestra consta de 5 submuestras de 12 m lineales, como se observa en el Cuadro 3. Se debe determinar la cantidad de larvas por ha y si el promedio del bloque excede el umbral se debe controlar.

Cuadro 3: Umbral control-criterio para la liberación de Cotesia Flavipes en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar

TCH	COTESIA (5000)	COTESIA (10000)
< 80	838	1,643
80-100	753	1,476
100-120	679	1,328
120-140	617	1,209
> 140	532	1,038

Fuente: Carta tecnológica 2014, Pantaleón S.A

Evaluación para aplicación de *Bacillus thuringensis*: se debe seguir la misma metodología descrita para la liberación de cotesia. El control debe ser por cada bloque, Cuadro 4.

$$\% \text{ de Larvas Infeccionadas en Campo} = \frac{\text{Larvas infectadas}}{\text{Larvas}} \times 100$$

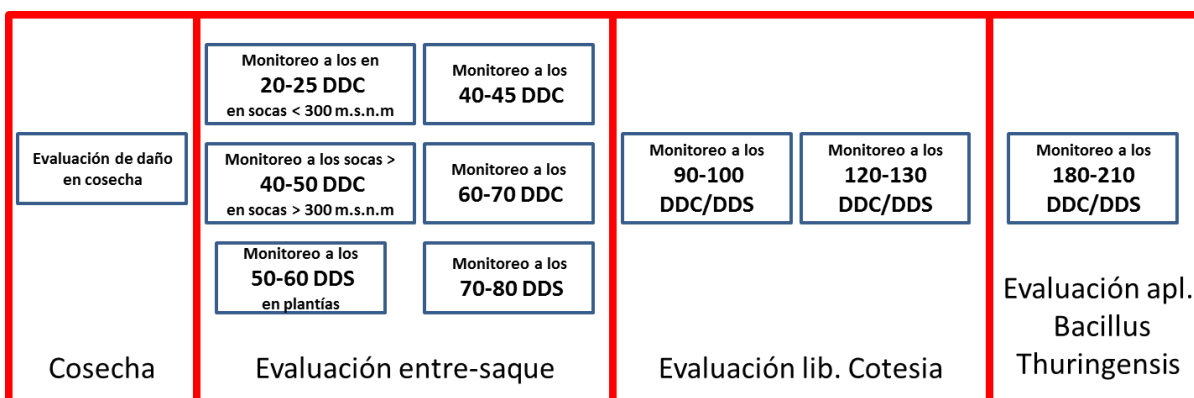
Cuadro 4: Umbral control-criterio para la aplicación de Bacillus thuringensis en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar

TCH	Larvas / ha
< 80	1,294
80-100	1,174
100-120	993
120-140	865
> 140	767

Fuente: Carta tecnológica 2014, Pantaleón S.A

c. Control Cultural:

Realización de entresaque de meristemos con síntomas de daño, esta actividad se realiza en la fase de amacollamiento de la caña de azúcar, llevando un control y monitoreo apropiado descrito en la figura 7.



Fuente: Carta tecnológica, Pantaleón S.A., 2014.

Figura 7. monitoreo del desarrollo del cultivo días después de la cosecha para el control del barrenador del tallo *Diatraea spp.*

L. Variedad CP 73 - 1547

Variedad CP 73-1547

CP Canal Point (Florida)

73 Año de selección

1547 Número correlativo de selección

Progenitores CP 66-1043 X CP 56-63

M. Características Morfológicas

Es de regular deshoje natural, su hábito de crecimiento es de tallos semiabiertos, posee una regular cantidad de follaje y cogollo largo; el entrenudo es de color verde amarillento con manchas negras y ceroso, su forma de crecimiento es ligeramente curvado en zigzag, tiene una cicatriz foliar ligeramente abultada. Su nudo es de forma de crecimiento cilíndrico, la yema es aproximadamente redonda protuberante con alas, su anillo de crecimiento es semiliso; la vaina es de crecimiento intermedio de coloración verde con manchas rojizas, borde seco unido longitudinalmente con presencia de afate intermedio; la lámina foliar posee hojas anchas de color verde oscuro; la aurícula posee una forma lanceolada larga y corta en un lado y en el otro transicional inclinada y la lígula es deltoide con rombo; el cuello es de color verde oscuro, su superficie la mayoría es lisa. Posee una incidencia baja a escaldadura y carbón.

N. Características Agronómicas

Esta variedad se adecúa para la zona media y baja, posee un porcentaje de floración del 38 % para la zona media y un 28 % para la zona baja, su contenido de corcho es de 24 % para la zona media y 22 % para la zona baja, su contenido de fibra es de 12.5 %.

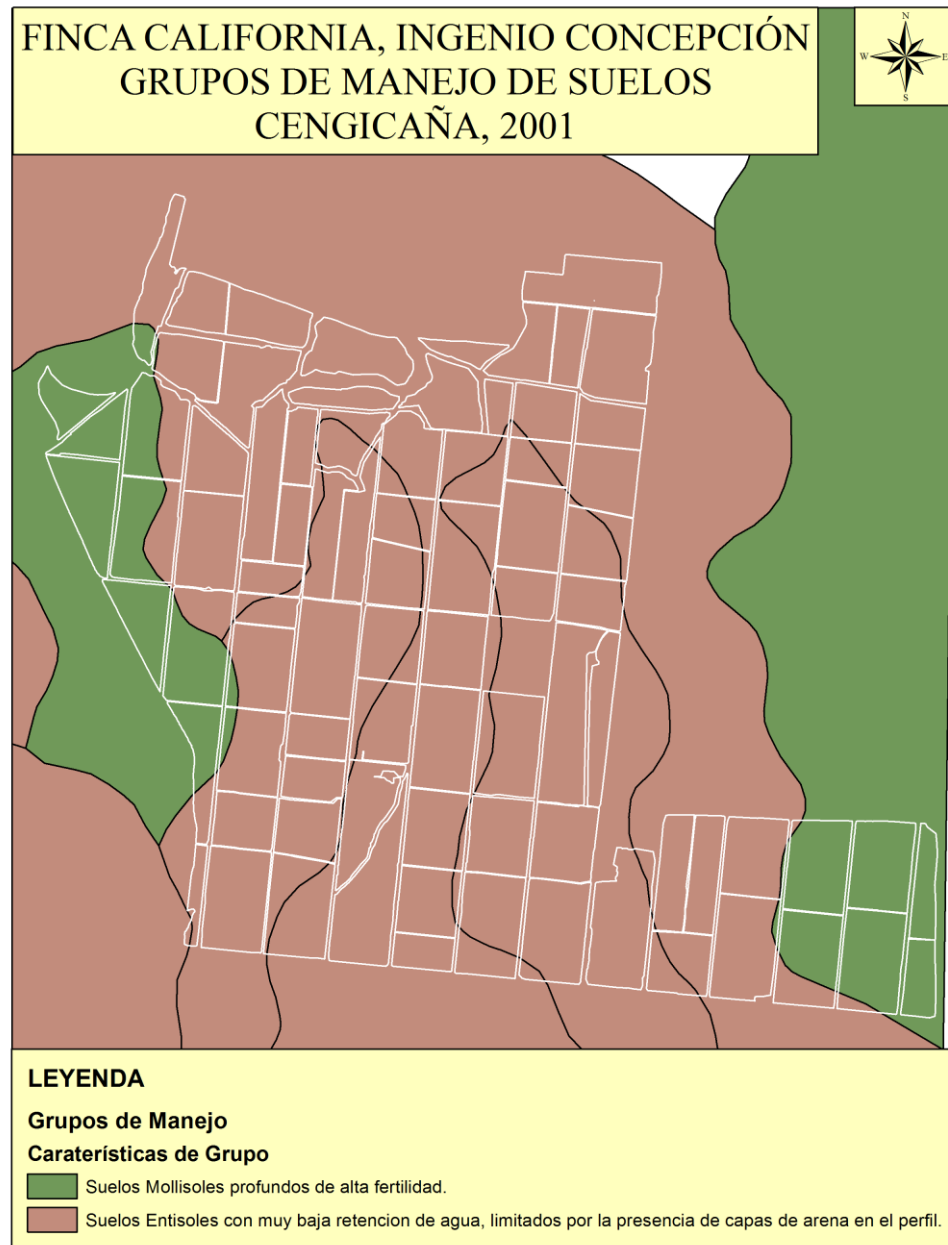
2.2.2. Marco referencial

A. Ubicación geográfica de la Finca California

Se encuentra localizada en el estrato litoral, por la carretera CA2 oriente, que conduce a Taxisco. En el kilómetro 88 se encuentra a una altitud 25 msnm con una precipitación pluvial (mm/año) de 1500 y una temperatura (Grados Celsius) de 21 mínima, 27.5 media, y 33.4 máxima.

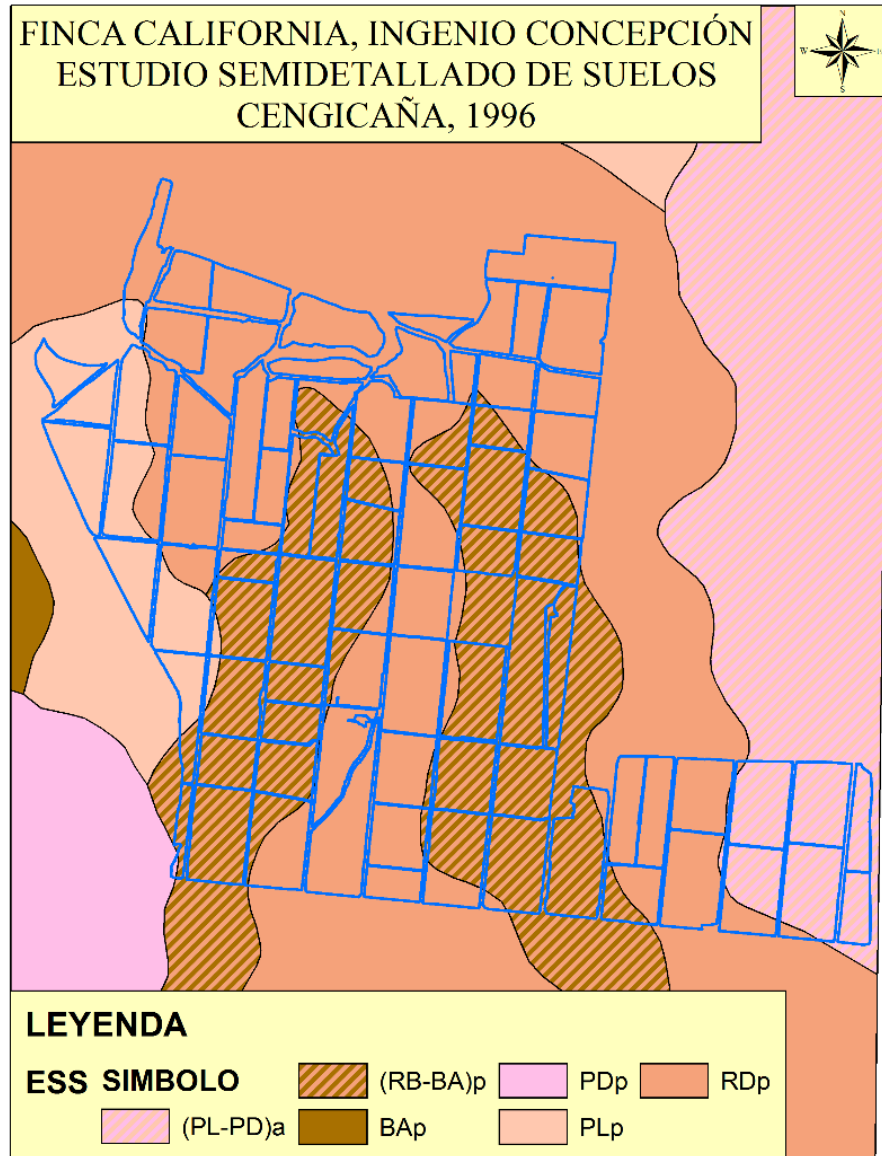
B. Datos generales de la Finca California

La Finca California contiene suelos Molisoles, los cuales son suelos medianamente evolucionados con horizontes ABC Y AC; presentan un horizonte superficial de espesor variable y de color oscuro con contenidos medios de materia orgánica. Presentan una saturación de bases mayor del 50 % en todo el perfil con un grado de estructuración de moderado a fuerte. En su mayoría, son suelos de texturas francas y franco arenosas, con subsuelo frecuentemente arenoso. (CENGICAÑA 1996) También contiene suelos entisoles los cuales son menos evolucionados presentes en la región, con horizonte AC y ocupan un 16 % del área. Los mismos se encuentran en los valles y aluviales, en forma de fajas angostas en las partes medias y bajas con ampliaciones en el litoral en la planicie costera. Tiene poca o ninguna evolución y muy poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos, en su mayoría son suelos permeables de textura gruesa y arenosa, el subsuelo de los entisoles generalmente es arenoso y son suelos que presentan déficit de agua en el verano, figura 8 y figura 9. (CENGICAÑA 1996)



Fuente : Cengicaña, 2001.

Figura 8: Mapa de Grupos de manejo de suelos, Finca California, Ingenio Concepción.



Fuente: CENGICAÑA 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala

Figura 9: Estudio semi detallado de suelos, Finca California, Ingenio Concepción.

C. Descripción de suelos

(RB-BA)p

Suelo Mollisol (*Fluventic Haplustolls* Franca Gruesa)

Posición Geomorfológica: Valle (Explayamiento)

Relieve: Plano

Pendiente: 0 - 1 %

Nivel Freático: Profundo

Drenajes: Externo Lento, interno rápido, natural muy bien drenado

Profundidad efectiva: Muy profundo

Material Parental: Aluviones

Régimen de Humedad del Suelo: Udico

Epipedón: Mólico

Endopedón: Cambico

Taxonomía del perfil: *FluventicHaplustolls*

Familia: Franca Gruesa

BAp

Suelo Entisol (*Typic Ustipsamments* Franca Gruesa)

Posición Geomorfológica: Explayamiento dentro del abanico

Relieve: Plano

Pendiente: 0-1%

Nivel Freático: No aparece

Drenajes: Externo Lento, interno muy rápido, natural excesivo

Profundidad efectiva: Profundo

Material Parental: Arenas

Régimen de Humedad del Suelo: Ustico

Epipedón: Ócrico

Endopedón: No hay

Taxonomía del perfil: *Typic Ustip samments*

Familia: Franca Gruesa

D. Zona de vida: Según Leslie Holdridge.

Se encuentran dos zonas de vida las cuales son:

a. Bosque seco subtropical

En esta zona de vida las condiciones climáticas se caracterizan por días claros y soleados, durante los meses en que no llueve y parcialmente nublado durante la época de enero – abril. La época de lluvias corresponde especialmente a los meses de junio a octubre.

b. Bosque húmedo subtropical cálido

Las condiciones climáticas varían de la Costa Sur y la Costa Norte, tanto en precipitación como en bio temperatura. La zona de la Costa Sur tiene un patrón de lluvias que va de 1,200 hasta 2,000 mm. (Cruz, JR de la 1982), figura 10.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la adición de Silice sobre el control del gusano barrenador del tallo *Diatraea* spp en Finca California, en el municipio de Escuintla.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Cuantificar el daño de *Diatraea* spp sobre tallos de caña de azúcar hasta la fase de amacollamiento.
2. Determinar el efecto en el crecimiento poblacional de larvas de *Diatraea* spp ante la adición de Silice.
3. Determinar el daño de meristemas apicales, por medio de una escala de severidad.

2.4. HIPÓTESIS

El tratamiento 200 ppm de sílice será el mejor tratamiento para el control de gusano barrenador del tallo, debido a presentar un nivel óptimo de absorción del nutriente, además de presentar menor costo de aplicación a una dosis mayor.

2.5. METODOLOGIA

2.5.1. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos fueron:

- T1: testigo absoluto (0 kg/ha) de silicato agrícola térmico (SiO₂)
- T2: 100 kg/ha de silicato agrícola térmico (SiO₂)
- T3: 200 kg/ha de silicato agrícola térmico (SiO₂)
- T4: 300 kg/ha de silicato agrícola térmico (SiO₂)

2.5.2. Diseño experimental

El diseño estadístico utilizado fue: bloques completos al azar. Esto debido a fuentes de variación en el terreno siendo, el principal, la presencia de vetas arenosas. El factor principal fue la respuesta de los tratamientos con respecto al testigo.

El modelo estadístico utilizado fue:

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

En donde:

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

U = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = efecto del j -ésimo tratamiento

E_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

2.5.3. Descripción de la unidad experimental:

Las dimensiones del área experimental fueron las siguientes:

Franja Neta: 2415 m² (0.24 ha).

Franja Bruta: 2415 m² (0.24 ha).

Área neta del experimento: 38,640 m² (3.86 ha).

Área Bruta del experimento: 46,690 m² (4.669 ha).

Número de unidades experimentales: 16

Cada unidad experimental con un área de 2415 m² y compuesta por 6 surcos distanciados 1.75 m entre si y 230 m de largo y 10 surcos de borda del ensayo.

2.5.4. Variables de respuesta

Las variables evaluadas en la investigación fueron:

Peso de larvas (g)

Longitud de larvas (mm)

Porcentaje de infestación (%)

Larvas/ha

Escala de daño basada en peso de meristemas,

Peso de los meristemas apicales (g) de plantas sanas y plantas dañadas.

Para evaluar, las larvas se utilizó una pesa analítica; la longitud se midió utilizando una regla métrica, el porcentaje de infestación se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ infestación} = \frac{\text{Total de tallos con larvas}}{\text{total de tallos en 10 metros lineales}} * 100$$

Para la toma de datos de la escala de severidad de daño, se llevaron los meristemas dañados al laboratorio del Ingenio Pantaleón y se asignaron el nivel de severidad respecto al peso de los meristemas.

El peso de los meristemas dañados y sanos se midió con una pesa analítica.

Para la medición de larvas por ha se utilizó la fórmula:

$$\frac{\text{Larvas}}{\text{ha}} = \left(\frac{\text{Total de larvas}}{\text{área de la muestra m}^2} \right) * 10,000$$

Para la parte del sistema planta, se realizó una escala de severidad (leve, moderada, severo).

2.5.5. Manejo del experimento

Se considero que el lote seleccionado cuenta con un alto índice de intensidad de infestación, el lote cuenta con un historial de alta intensidad de infestación se según registros del Departamento de Manejo Integrado de Plagas, los registros cuentan con 3 zafras anteriores (2011/2012- %ii 10.33, 2012/2013- %ii 3.15, 2013/2014- %ii 8.75, 2014/2015- %ii 4.94) es importante resaltar que el lote 1103 es resiembra (3era soca). Se cosechó el 22 de diciembre del 2014; El producto que se utilizó es silicato agrícola térmico al 75 % (SiO₂) y 25 % de materia inerte, las cantidades a utilizadas en cada tratamiento son las siguientes:

T1---0kg

T2--- 212.52 lb – (96.6 kg)

T3--- 425.04 lb – (193.2 kg)

T4 --- 637.56 lb – (289.8 g)

La aplicación por surco de los respectivos tratamientos es:

T1 – 0 kg

T2 – 4.0 kg

T3 – 8.0 kg

T4 – 12.0 kg

Con un gran total de 12 quintales de producto.

La fase de amacollamiento del lote 1103 inicia el 22 de enero del 2015 y finaliza el 15 de abril del 2015.

La aplicación del producto fue de forma manual (terrestre) y fue una única aplicación, esta se realizó a los 30 DDC (después del corte). Todo el producto fue aplicado el mismo día para que la aplicación sea de forma más efectiva, el silicato fue colocado al pie de la planta.

Ya que la aplicación fue manual, se realizó una calibración manual aplicando la cantidad específica para cada tratamiento en envases plásticos y se aplicaron en sacos para no desperdiciar el producto. Los aplicadores caminaron 10 m para determinar la velocidad y la cantidad de producto aplicada en los 10 m y hacer la relación para 230 m. Para determinar si necesitaban ir más rápido o más despacio, dependiendo el tratamiento que se aplicaba respectivamente.

Dentro de las unidades experimentales (fajas de 0.24 ha) se colocaron 3 estaciones de 10 m de largo, estas estaciones serán colocadas a 50 m del inicio, a la mitad de la faja 110 m fue la segunda y la tercera a 50 m antes de llegar a la ronda del cuadro siguiente del lote seleccionado. Los datos obtenidos en las 3 estaciones, por unidad experimental, fueron promediados para la obtención de un único dato por unidad experimental de las variables ya explicadas, a excepción de la escala de severidad de los meristemos apicales.

Para la realización de la escala de daño de peso de meristemos apicales, se seleccionaron los meristemos y se creó una escala de daño en base al peso de los meristemos (Sano, Dañado leve, Daño moderado, Daño severo). Se tomó una fotografía bajo un fondo blanco para resaltar el daño de cada muestra, Cuadro 5. La escala de daño está formada de la siguiente manera.

Leve	Moderada	Severa
2 – 3 g	1 - 1.99 g	0 - 0.99 g

Cuadro 5: Escala de Daño respecto al peso de meristemas dañados

Fuente: elaboración propia, 2016.

Cada 15 días se realizaron muestreos en fase de amacollamiento en las fajas establecidas, cada vez que se capturaron larvas estas se colocaron en cajas Petri y éstas se colocaron en una lonchera con hielo para su preservación, hasta el momento que se tomaron las medidas en el laboratorio del Departamento de Manejo Integrado de Plagas en el Ingenio Pantaleón. Para su análisis se utilizó un estereoscopio, agujas de disección y pinzas para su manipulación en el laboratorio.

Las larvas se identificaron (*Diatraea crambidoides*, *Diatraea saccharalis*) por medio de un estereoscopio, en el laboratorio del Departamento de Manejo Integrado de Plagas en el Ingenio Pantaleón.

La metodología para diferenciar las especies (*Diatraea crambidoides*, *Diatraea saccharalis*) fue: tomar como punto de referencia e identificar el tubérculo metatorácico alargado o en B para Alargado para *D.saccharalis* en B para *D.crambidoide*. Esto se realizó en el laboratorio de entomopatógenos del Ingenio Pantaleón, usando un estereoscopio y pinzas.

Se realizó un análisis de suelo antes de la aplicación de dióxido de silicio y antes de la aplicación de vinaza, para que esta no interfiera en los resultados y un análisis de suelo al terminar el experimento por cada tratamiento. Para esto, se tomaron 5 sub-muestras localizadas al azar del lote y se homogenizaron para tener una muestra más representativa, Cuadro 6. Al final del ensayo se tomaron 5 sub-muestras de igual manera esto se realizaron para cada tratamiento.

Cuadro 6: Número de tratamientos, aplicaciones, dosis y días de aplicación

Tratamiento	Producto	Dosificación (kg/ha)	# de aplicaciones	frecuencia	observaciones
1	Silicato agrícola térmico 75%	0	0	-----	-----
2	Silicato agrícola térmico 75%	100	1	Única	Aplicación terrestre
3	Silicato agrícola térmico 75%	200	1	Única	Aplicación terrestre
4	Silicato agrícola térmico 75%	300	1	Única	Aplicación terrestre

Fuente: elaboración propia, 2016.

El riego del lote aplicado con pivote con una frecuencia de 8 días y se aplican 16 mm en cada vuelta al lote se dan 3 vueltas al lote y tiene una presión de salida de 24 PSI.

2.5.6. Croquis de Campo



Fuente: elaboración propia, 2016.

Figura 11. Croquis de campo de las 16 unidades experimentales en 3.86 ha.

2.6. RESULTADOS Y DISCUSION

2.6.1. Desarrollo de larvas

A. Longitud

El ensayo se condujo como un diseño de bloques completos aleatorizados con cuatro bloques. El total de dosis de sílice ensayadas fueron tres más un control sin aplicación. Se realizaron cinco muestreos de *Diatraea spp* cada quince días, en las cuales, se determinó la variable longitud de larvas colectadas en zonas de muestreo de *Diatraea spp*. En el tercer instar, mismo que se analizó mediante el ajuste de un modelo lineal mixto, con efectos de dosis de sílice, día de muestreo e interacción como efecto fijo y efectos de bloque y tiempo como efectos aleatorios.

Se determinó que no existe efecto de interacción entre la dosis evaluada y el tiempo, al igual que el efecto de los tratamientos sobre la longitud de larvas encontradas con un nivel de

confianza del 95 % Cuadro 13A, por lo que la adición de sílice y el aumento de la dosis no tienen efecto directo sobre el desarrollo de la longitud del tercer instar de larvas de *Diatraea sp.*

B. Peso medio de larva

Se realizaron cinco muestreos de *Diatraea spp* cada 15 días, en las cuales, se determinó la variable peso medio de larvas colectadas (g) en zonas de muestreo. En el tercer instar, el mismo se analizó mediante el ajuste de un modelo lineal mixto. Debido a la falta de ajuste del modelo, se realizaron análisis de varianza individuales para cada fecha de muestreo con efecto de dosis de sílice como efecto fijo y efectos de bloque. Sin embargo, fue necesario compensar efecto de heterocedasticidad en el modelo para 60 días, por medio del método variable identidad para bloques.

Se determinó que no existe efecto entre la dosis evaluada y el peso de la larva hasta el día sesenta en la cual se encontraron diferencias significativas, Cuadro , con un nivel de confianza del 95 % ; por lo que el aumento de la dosis no tiene efecto para la disminución del peso del tercer instar de larvas de *Diatraea sp*, por el contrario, el testigo fue el que presentó los valores más bajos; el día setenta y cinco de muestreo no fue analizado por la falta de datos en parcelas experimentales.

2.6.2. Porcentaje de infestación

Se realizaron cinco muestreos de *Diatraea spp* cada 15 días, en las cuales, se determinó la variable porcentaje de infestación en zonas de muestreo en el tercer instar. Este mismo se analizó mediante el ajuste de un modelo lineal mixto. Debido a la falta de ajuste del modelo, se realizaron análisis de varianza individuales para cada fecha de muestreo, con efecto de dosis de sílice como efecto fijo y efectos de bloque. Sin embargo, fue necesario compensar efecto de heterocedasticidad en el modelo para todas las fechas, por medio del método variable identidad para bloques.

Se determinó que no existe efecto de interacción entre el dosis evaluada y el tiempo Cuadro , sobre el porcentaje de infestación de larvas con un nivel de confianza del 95 %; por lo que el aumento de la dosis no tiene efecto directo para la disminución de la presencia del tercer instar de larvas de *Diatraea sp* en ninguna de las fechas.

2.6.3. Especies de gusano barrenador del tallo

Se determinó la proporción de cada especie de barrenador del tallo: *D. crambidoide*, y *D. saccharalis* para todas las lecturas se determinó que la especie mayoritaria es *D. Crambidoide*, sin embargo, existió variación en comparación a los demás tratamientos (figura 12).

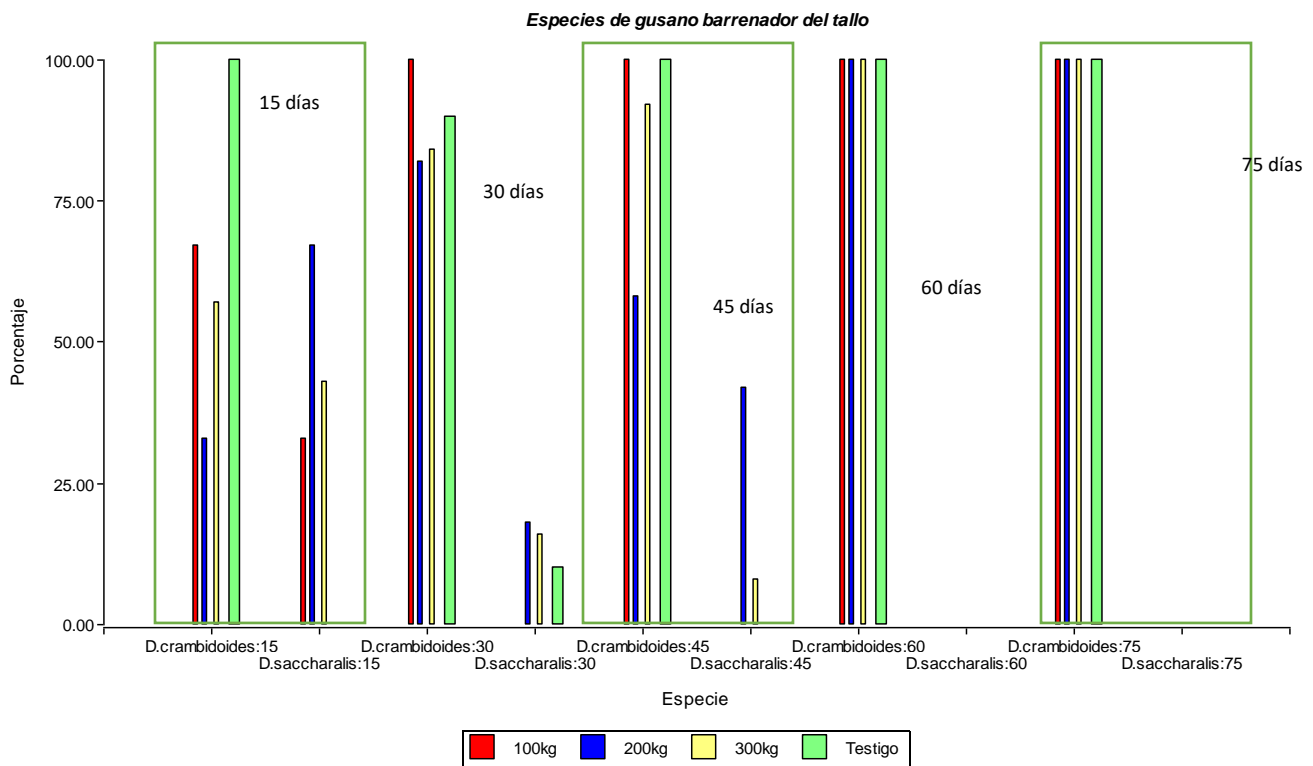


Figura 12: Distribución de los porcentajes de incidencia de especies de gusano barrenador del tallo.

Como se observa en la gráfica de segunda lectura de porcentajes de especies, hay una reducción total de larvas de *D. saccharalis* en la dosis de 100 kg/ha y un aumento del 10 %

en el testigo. Se demostró que existió reducción en las dosis de 200 kg/ha y 300 kg/ha y se registró un 20 % de dosis de *D.saccharalis* para cada dosis, respectivamente.

En la tercera lectura, existió un aumento del 40 % de *D.saccharalis* en la dosis 200 kg/ha y un leve incremento de 10 % en la dosis de 300 kg/ha el testigo y la dosis de 100 kg/ha registraron que solo existió *D.crambidoide*.

Para la cuarta y quinta lectura se registraron únicamente la especie *D.crambidoide* en todas las dosis. Según estudios, la especie predominante es *D.crambidoide* con un valor promedio de 73 % , en tanto que *D.saccharalis* representa el 27 %. Esta proporción tiene una estrecha relación con los factores geográficos (estrato litoral), la altitud y la preferencia varietal. (CENGICAÑA .1998)

2.6.4. Desarrollo de los meristemas

A. Peso de plantas sanas

Se determinó una escala visual de tres niveles de daño causados por larvas de *Diatraea spp* a los meristemas clasificados como: daño leve, daño moderado y daño severo. Se realizaron cinco muestreos con una separación de quince días, en cada muestreo se colectaron los meristemas muestreados y fueron pesados; se realizó un análisis de correlación con el fin de determinar una relación positiva entre el nivel de daño y la disminución progresiva de la masa del meristemo, sin embargo, se puede observar en el Cuadro 115, que no existe una determinación constante en el coeficiente de determinación, únicamente para las fechas 15 y 75 días por lo que no es posible determinar que el nivel de daño incide directamente en la disminución progresiva de masa por parte de meristemas de caña de azúcar.

B. Peso plantas dañadas

Se realizaron cinco muestreos de *Diatraea spp* cada quince días, en las cuales, se determinó la variable peso de meristemas dañados en zonas de muestreo. Este mismo se analizó mediante el ajuste de un modelo lineal mixto, con efecto de dosis de sílice, efecto del día de muestreo y la interacción de ambos, todos como efecto fijo y como efectos aleatorios de bloque. Sin embargo, fue necesario compensar efecto de heterocedasticidad en el modelo por medio del método variable identidad para la interacción de dosis de sílice aplicado y el día de muestreo, *Cuadro 14*.

Se determinó que no existe efecto de interacción entre el Dosis evaluada y el tiempo sobre el peso de meristemas dañados con un nivel de confianza del 95 %; por lo que la disminución de masa de meristemas no está relacionada directamente al efecto de la adición de dosis progresivas de sílice en ninguna de las fechas evaluadas Cuadro 7 y Cuadro 8.

2.6.7. Análisis de Suelo.

Cuadro 7. Análisis antes de la aplicación de SiO₂ (silicato agrícola térmico)

No. Lab. WHAL	Identificación	Finca	Muestra	mg/kg
				Sílice
SUE-4708	Caña de Azúcar	Pantaleón	1	106
Fecha de Muestreo: 08/03/2015				
Fecha de Ingreso a WHAL: 11/03/2015				
Fecha de Ejecución de Análisis: 13/03/2015--20/05/2015				
Fecha de Entrega de Resultados: 21/05/2015				

Cuadro 8. Análisis después de la aplicación SiO₂ (silicato agrícola térmico)

No. Lab. WHAL	Identificación	Finca	Muestra	mg/kg
				Sílice
SUE-10343	Tratamiento #4	California	10056-17	151
SUE-10344	Tratamiento #3	California	10056-18	140
SUE-10345	Tratamiento #2	California	10056-19	141
SUE-10346	Tratamiento #1	California	10056-20	113

Fecha de Muestreo: 20/Mayo/2015 Fecha de Ingreso a WHAL: 25/Mayo/2015 Fecha de Ejecución de Análisis: 28/Mayo/2015-- 24/Junio/2015 Fecha de Entrega de Resultados: 24/Junio/2015	
--	--

Se observó que el contenido de Silicio en el suelo antes de la aplicación es de 106 mg/kg, lo cual es excesivo por ser un suelo entisol con poca materia orgánica y pH: 6 ácido.

Los resultados observados en el análisis de suelo después de la aplicación de silicio mostraron que la dosis 300 kg/ha fue la que más absorbió SiO₂, durante toda la fase de amacollamiento con una concentración de 151 mg/kg. La dosis 200 kg/ha y 100 kg/ha, mostraron una concentración similar 140 mg/kg Y 141 mg/kg, lo que indicó que existió suficiente ácido ortosilícico en las plantas para crear el efecto resistencia mecánica. El análisis de silicio en el suelo fue hecho por el método de ICP Espectroscopia de Emisión de Plasma.

2.7. Conclusiones

1. Se determinó que la aplicación de sílice no presentó pruebas consistentes para determinar una disminución del porcentaje de infestación de larvas *Diatraea spp*, durante la fase amacollamiento durante 75 días.
2. Se demostró que la adición de sílice a una dosis de 300 kg/ha no disminuye significativamente la cantidad de larvas/ha ni la longitud de estas, ya que el testigo 0 kg/ha presentó resultados similares.
3. Se determinó que no existe efecto directo del aumento de peso por parte de meristemas dañados en la escala visual, por la adición de dosis progresivas de sílice en la fase de amacollamiento de caña de azúcar.

4. El efecto del sílice no disminuyó los daños a meristemas de igual manera con el crecimiento en longitud y de población de barrenador de la caña.

2.8. Recomendaciones

1. Se recomienda un estudio de tejido vegetal de sílice para saber el contenido en ppm de silicio en la planta y poder buscar la dosis óptima.
2. Se debe hacer investigación donde se llegue a la cosecha en el cultivo de caña, ya que esta sólo es para la fase de amacollamiento y no mostraría otra variable que es importante como el porcentaje de intensidad de infestación, y contenido neto de silicio al final del ciclo de producción.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, Guatemala). 1997. Informe anual. Guatemala. 36 p.
2. Bioagro. 2011. *Diatraea saccharalis*. Bioagro-Soluciones Biológicas. Consultado 20 nov 2011. Disponible en http://www.bioagro.com.co/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=27&limit=1&limitstart=4 (10/01/2011)
3. Bleszynsky, S. 1969. The taxonomy of the crambinae moth borres of sugar cane. Pest of sugar cane. Ed. por Williams, KR; Metcalfe, JR; Montgomery, RW. y Mathes, R. Ámsterdam, Holanda, Elsevier. p. 11-59.
4. CAÑAMIP (Comité de Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2016. Muestreo de infestación en macollamiento, Benchmarking sobre el manejo integrado del barrenador del tallo. Guatemala, CAÑAMIP, Programa MIP / CENGICAÑA.
5. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación en Caña de Azúcar, Guatemala). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Artemis Edinter. 137 p.
6. _____. 1998. Géneros de importancia y distribución de *Diatraea* spp. Guatemala, Caña-MIP. 102 p.
7. _____. 2001. Grupo de manejo de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Ingeniería del Campo. 140 p.
8. CENICAÑA (Centro Colombiano de Investigación y Capacitación en Caña de Azúcar, Colombia). 2002. Características agronómicas y de productividad de la variedad CC 85-92. Colombia. 80 p.
9. Chaudhary, RC; Nanda, JS; Tran, DV. 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz: Problemas y limitaciones de la producción de arroz. Roma, Italia, FAO, Depósito de Documentos de la FAO. Consultado 20 nov. 2011. Disponible en www.fao.org/DOCREP/006/Y2778sO2.htm. p. 80-85
10. Collazo, D. 1984. Revisión de la literatura mundial sobre el borrar de la caña de azúcar *D. saccharalis*. CIDA (Cuba) parte 1:7-3722.
11. De la Cruz S, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
12. Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Sciences 91, 11-17.

13. _____. 1999. Silicon. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50, 641-664.
14. Datnoff, L; Deren, C; Snyder, G. 1997. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. *Crop. Prot.* 16, 525-531.
15. Datnoff, LE; Raid, RN; Snyder, GH; Jones, DB. 1990. Evaluation of calcium silicate slag and nitrogen on brown spot, neck rot, and sheath blight development on rice. *Biological and Cultural Tests for Control of Plant Diseases*, St. Paul, 5:1-65.
16. Datnoff, LE; Rodríguez, F; Seebold, KW. 2007. Silicon and plant disease. *In* Datnoff, L; Elmer, E; Huber, D (eds.). *Mineral nutrition and plant disease*. The American Phytopathological Society 45:233-246.
17. Dayanandam, P; Kaufman, PB; Frakin, CI. 1983. Detection of silica in plants. *Amer. J. Bot.* 70:1079- 1084.
18. Filho B, MP; Zinder, GH; Prabhu, AS; Datnoff, LE; Kornörfer, GH. 2000. Importancia do silício para a cultura do arroz: Uma revisão de literatura. *Potafos; Encarte Técnico, Informaciones Agronomicas* no. 89:69-75.
19. Hernández G, R. 2002. Nutrición mineral de las plantas. Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes-Mérida, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Consultado 20 nov. 2011. Disponible en www.forest.ula.ve/~rubenhg
20. Hernández, O. 1994. Evaluación de dos ingredientes de la dieta para reproducción artificial del gusano barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* (F)) y el parasitoide *Cotesia flavipes* (Cam) en Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 67 p.
21. Kornörfer, GH; Faria, RJ; Datnoff, LE; Pereira, LE. 2002. Influência do silicato do cálcium atolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo. *In* Reunião Brasileira de Fertilizante do solo e Nutrição de Plantas. *Informancoes Agronomicas* no. 99:10-16.
22. Kvedaras, OL; Keeping, M.G. 2007. Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 125:103-110.
23. Laing, MD; Adandonon, A. 2005. Silicon and insect management: review. *In* Silicon in agriculture conference. Uberlandia, Universidad Federal de Uberlandia. p. 41-50.
24. Marschner, H. 1995. Beneficial mineral elements, mineral nutrition of higher plants. 2 ed. San Diego, California, Academic Press. 405 p.

25. Meyer, JH; Keeping, MG. 2005. Impact of silicon in alleviating biotic stress in sugarcane in South Africa. *Sugar Cane International* 23:14-18.
26. Osuna-Canizales, FJ; De Datta, SK; Bonman, JM. 1991. Nitrogen form and silicon nutrition effects on resistance to blast disease of rice. *Plant and Soil*, The Hague 135:223-231.
27. Porta, J; Acevedo, M; Roquero, C. 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid, España, Mundi-Prensa. 807 p.
28. Quero, E. 2008. Silicio en la producción de chile. La biosilicificación proceso biológico fundamental en la productividad vegetal. Consultado 20 nov. 2011. Disponible en <http://loquequero.com/potal>
29. Viana, JE. 2008. Importancia del silicio en la nutrición vegetal. Tolima, Colombia, Agromil. Consultado 20 nov. 2011. Disponible en www.silicioagromil.com
30. Wollast, R; Mackenzie, F. 1983. The global cycle of silica. *In* SRA (ed.). *Silicon geochemistry and biochemistry*. San Diego, California, USA, Academic Press. p. 39-76.
31. Yoshida, S. 1965. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. *Bulletin of the National Institute of Agricultural Science*, 15:1-58.

2.10. ANEXOS

Cuadro 9^a. Boleta para el registro de daño y densidad larval del barrenador del tallo. Etapa de Macollamiento. CENGICAÑA-CAÑAMIP

Finca _____ *Lote* _____ *Pante* _____

<i>Fecha</i>	<i>No. Muestra</i>	<i>Total larvas o pupas</i>	<i>Daño</i>	<i>Densidad</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Tratamiento</i>
				<i>Larvas/ha</i>		
<i>Promedio de 3 estaciones experimentales</i>						

Fuente: (CAÑAMIP). Programa MIP-CENGICAÑA.

Cuadro 10^a. Boleta utilizada para la identificación de especie de *Diatraea* spp

No.	Tratamiento	<i>Diatraea</i> crambidoides	<i>Diatraea</i> Saccharalis	Fecha de lectura

Cuadro 11^a. Boleta para la toma de datos de peso y longitud de las larvas

No.	Tratamiento	Peso (g)	Longitud (mm)	Fecha de lectura

Cuadro 12^a. toma de datos los meristemos apicales

No.	Tratamiento	Peso (sana)	Peso Daño Leve	Peso Daño Moderado	Peso daño Severo	Meristemos apicales presentes	Meristemos apical Ausente	Fecha de lectura
Promedio de las 3 estaciones por unidad experimental								

Figura 13^a. Fotografía de las Instalaciones utilizadas para la determinación de daño a mandíbulas de barrenador del tallo

Fuente: elaboración propia



Figura 14A. Fotografía de la Separación de unidades experimentales

Fuente: elaboración propia



Figura 15A. Fotografía de las unidades de muestreo, dosis de sílice aplicadas

Fuente: elaboración propia



Figura 16A. Fotografía de la altura de macolla al momento de la siembra

Fuente: elaboración propia



Figura 17^a. Fotografía de la colecta y muestreo de larvas de *Diatraea* sp

Fuente: elaboración propia



Figura 18^a. Fotografía del producto comercial utilizado para la aplicación de los tratamientos

Fuente: elaboración propia



Figura 19^a. Fotografía de la identificación de tratamientos evaluados

Fuente: elaboración propia



Figura 20^a. Fotografía de la colecta de larvas de *Diatraea sp* en campo

Fuente: elaboración propia

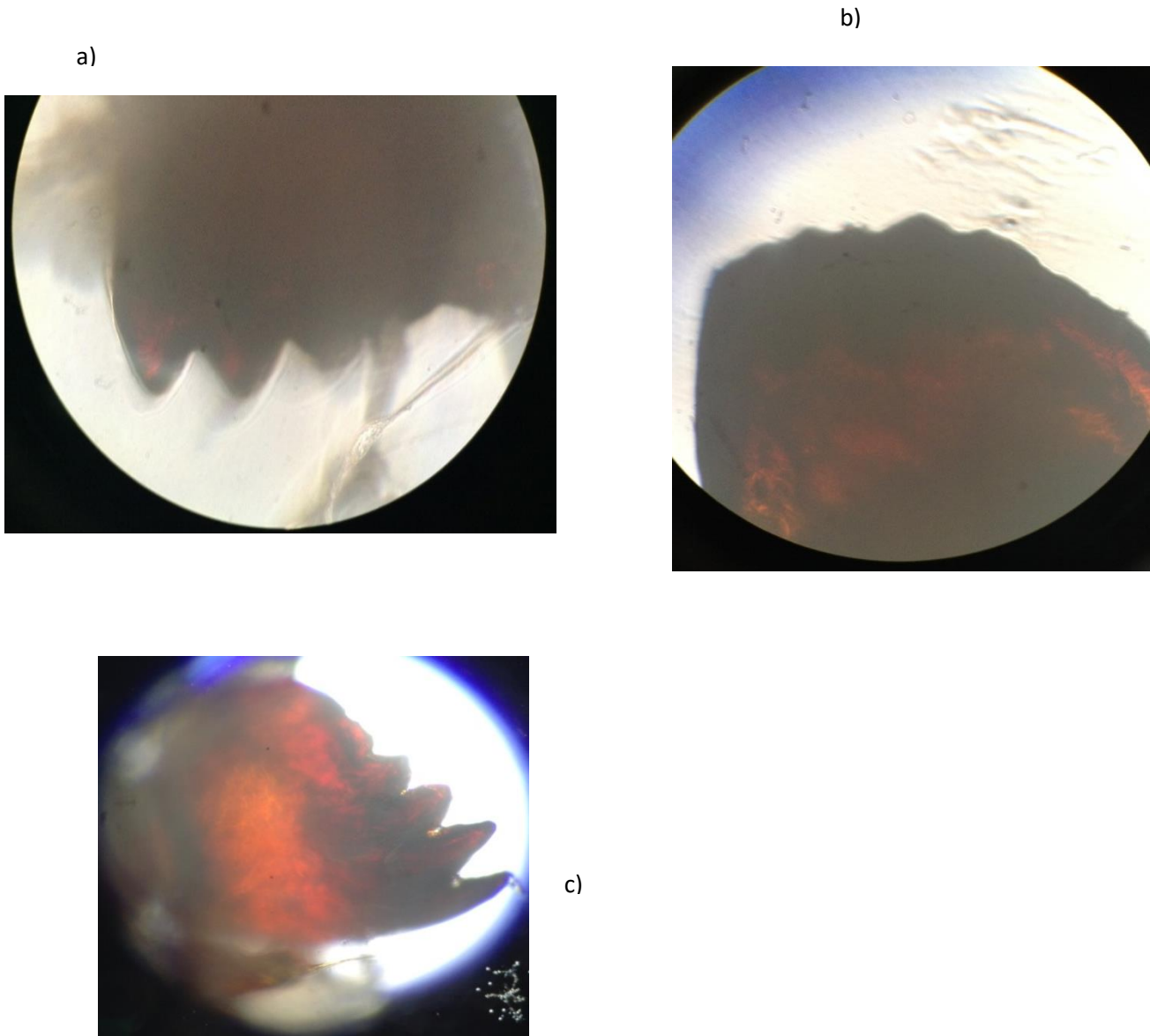


Figura 21^a. Fotografía de la mandíbula de *Diatraea sp*, a) tratamiento 300 kg/ha, b) tratamiento de 200 kg/ha de sílice, c) tratamiento testigo

Fuente: elaboración propia

Cuadro 13^a. Resultados del análisis de varianza para la variable longitud de larva (mm)

Variable dependiente: longitud.mm

Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2_0</u>	<u>R2_1</u>	<u>R2_2</u>
59	296.20	334.46	-125.10	4.61	0.43	0.43	0.43

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

<u></u>	<u>numDF</u>	<u>denDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	25	247.80	<0.0001
Tratamiento	3	9	0.64	0.6090
Dias	4	25	10.21	<0.0001
Tratamiento:Dias	12	25	1.67	0.1347

Cuadro 14a. Resultados del análisis de varianza de la variable peso de larvas (g)

Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2_0</u>	<u>R2_1</u>	<u>R2_2</u>
71	174.02	255.16	-45.01	0.69	0.24	0.24	0.24

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

<u></u>	<u>numDF</u>	<u>denDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	39	49.45	<0.0001
Tratamiento	3	9	0.54	0.6649
Dias	4	39	1.07	0.3823
Tratamiento:Dias	12	39	1.86	0.0712

Cuadro 15^a. Resultados del análisis de varianza para la variable peso de larvas; a) 15 días. b) 30 días, c) 45 días y d) 60 días

a) Medidas de ajuste del modelo 15 días	b) Medidas de ajuste del modelo 30 días
<u>N AIC BIC logLik Sigma R2_0 R2_1</u>	<u>N AIC BIC logLik Sigma R2_0R2_1 16 43.35</u>
<u>12 30.39 30.87 -9.20 0.53 0.20 0.51</u>	<u>46.26 -15.68 0.71 0.28 0.28</u>
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>	<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>
Pruebas de hipótesis marginales 15 días(SC tipo III)	Pruebas de hipótesis marginales 30 días (SC tipo III)
<u>numDF denDF F-value p-value</u>	<u>numDF denDF F-value p-value</u>
(Intercept) 1 5 25.54 0.0039	(Intercept) 1 9 56.60 <0.0001
<u>Tratamiento 3 5 0.86 0.5193</u>	<u>Tratamiento 3 9 1.56 0.2653</u>
c) Medidas de ajuste del modelo 45 días	d) Medidas de ajuste del modelo 60 días
<u>N AIC BIC logLik Sigma R2_0 R2_1</u>	<u>N AIC BIC logLik Sigma R2_0 R2_1</u>
<u>15 34.92 37.31 -11.46 0.42 0.03 0.71</u>	<u>16 40.13 44.49 -11.06 0.15 0.01 0.01</u>
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>	<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>
Pruebas de hipótesis marginales 45 días(SC tipo III)	Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)60 días

<u>numDF denDF F-value p-value</u> (Intercept) 1 8 15.88 0.0040 <u>Tratamiento 3 8 0.36 0.7834</u>	<u>numDF denDF F-value p-value</u> (Intercept) 1 9 695.57 <0.0001 <u>Tratamiento 3 9 9.12 0.0043</u> Peso - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento, 60 días <i>DGC (Alfa=0.05)</i> <i>Procedimiento de corrección de p-valores: No</i> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Tratamiento</u></th> <th style="text-align: center;"><u>Medias</u></th> <th style="text-align: center;"><u>E.E.</u></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200 kg/ha</td> <td style="text-align: center;">2.02</td> <td style="text-align: center;">0.12</td> <td style="text-align: right;">A</td> </tr> <tr> <td>100 kg/ha</td> <td style="text-align: center;">1.81</td> <td style="text-align: center;">0.12</td> <td style="text-align: right;">A</td> </tr> <tr> <td>300 kg/ha</td> <td style="text-align: center;">1.57</td> <td style="text-align: center;">0.12</td> <td style="text-align: right;">A</td> </tr> <tr> <td><u>Testigo</u></td> <td style="text-align: center;"><u>1.15</u></td> <td style="text-align: center;"><u>0.12</u></td> <td style="text-align: right;"><u>B</u></td> </tr> </tbody> </table> <i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)</i>	<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>		200 kg/ha	2.02	0.12	A	100 kg/ha	1.81	0.12	A	300 kg/ha	1.57	0.12	A	<u>Testigo</u>	<u>1.15</u>	<u>0.12</u>	<u>B</u>
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>																			
200 kg/ha	2.02	0.12	A																		
100 kg/ha	1.81	0.12	A																		
300 kg/ha	1.57	0.12	A																		
<u>Testigo</u>	<u>1.15</u>	<u>0.12</u>	<u>B</u>																		

Cuadro 16^a. Resultados de los análisis de varianza para la variable porcentaje de infestación

<p>a) Medidas de ajuste del modelo 15 días*</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>N</u></th> <th style="text-align: left;"><u>AIC</u></th> <th style="text-align: left;"><u>BIC</u></th> <th style="text-align: left;"><u>logLik</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Sigma</u></th> <th style="text-align: left;"><u>R2_0</u></th> <th style="text-align: left;"><u>R2_1</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>50.63</td> <td>54.99</td> <td>-16.31</td> <td>0.83</td> <td>0.38</td> <td>0.39</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>AIC y BIC menores implica mejor</i></p> <p>Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) 15 días</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>numDF</u></th> <th style="text-align: left;"><u>denDF</u></th> <th style="text-align: left;"><u>F-value</u></th> <th style="text-align: left;"><u>p-value</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2_0</u>	<u>R2_1</u>	16	50.63	54.99	-16.31	0.83	0.38	0.39	<u>numDF</u>	<u>denDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>					<p>b) Medidas de ajuste del modelo 30 días</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>N</u></th> <th style="text-align: left;"><u>AIC</u></th> <th style="text-align: left;"><u>BIC</u></th> <th style="text-align: left;"><u>logLik</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Sigma</u></th> <th style="text-align: left;"><u>R2_0</u></th> <th style="text-align: left;"><u>R2_1</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>77.17</td> <td>81.53</td> <td>-29.58</td> <td>5.49</td> <td>0.02</td> <td>0.02</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>AIC y BIC menores implica mejor</i></p> <p>Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) 30 días</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>numDF</u></th> <th style="text-align: left;"><u>denDF</u></th> <th style="text-align: left;"><u>F-value</u></th> <th style="text-align: left;"><u>p-value</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2_0</u>	<u>R2_1</u>	16	77.17	81.53	-29.58	5.49	0.02	0.02	<u>numDF</u>	<u>denDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>				
<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2_0</u>	<u>R2_1</u>																																							
16	50.63	54.99	-16.31	0.83	0.38	0.39																																							
<u>numDF</u>	<u>denDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>																																										
<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2_0</u>	<u>R2_1</u>																																							
16	77.17	81.53	-29.58	5.49	0.02	0.02																																							
<u>numDF</u>	<u>denDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>																																										

<p>(Intercept) 1 9 18.31 0.0021</p> <p><u>Tratamiento 3 9 2.11 0.1691</u></p> <p>*heterocedasticidad</p>	<p>(Intercept) 1 9 9.69 0.0125</p> <p><u>Tratamiento 3 9 0.18 0.9054</u></p>
<p>c) Medidas de ajuste del modelo 45 días</p> <p><u>N AIC BIC logLik Sigma R2_0 R2_1</u></p> <p><u>16 64.81 67.72 -26.40 1.64 0.17 0.35</u></p> <p><i>AIC y BIC menores implica mejor</i></p> <p>Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) 45 días</p> <p><u>numDF denDF F-value p-value</u></p> <p>(Intercept) 1 9 20.38 0.0015</p> <p><u>Tratamiento 3 9 0.91 0.4728</u></p>	<p>d) Medidas de ajuste del modelo 60 días</p> <p><u>N AIC BIC logLik Sigma R2_0 R2_1</u></p> <p><u>16 57.72 60.62 -22.86 1.16 0.12 0.47</u></p> <p><i>AIC y BIC menores implica mejor</i></p> <p>Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) 60 días</p> <p><u>numDF denDF F-value p-value</u></p> <p>(Intercept) 1 9 38.07 0.0002</p> <p><u>Tratamiento 3 9 0.70 0.5751</u></p>
<p>e) Medidas de ajuste del modelo 75 días</p> <p><u>N AIC BIC logLik Sigma R20 R21</u></p> <p><u>16 61.91 66.27 -21.95 0.89 0.10 0.38</u></p> <p><i>AIC y BIC menores implica mejor</i></p> <p>Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) 75 días</p> <p><u>numDF denDF F-value p-value</u></p>	

(Intercept	1	9	11.03	0.0089
Tratamiento	3	9	1.07	0.4096

Cuadro 17^a. Resultados del análisis de comparación de medias con el método DGC

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.	
300 kg/ha	1.39	0.22	A
200 kg/ha	1.35	0.26	A
Testigo	1.25	0.20	B
100 kg/ha	1.16	0.21	B

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

Cuadro 18^a. Resultado del análisis de varianza para la variable porcentaje de infestación

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	R2 2
80	300.27	388.23	-108.13	0.86	0.20	0.33	0.34

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	48	36.28	<0.0001
Tratamiento	3	9	0.10	0.9562
Dias	4	48	6.87	0.0002
Tratamiento:Dias	12	48	1.44	0.1806

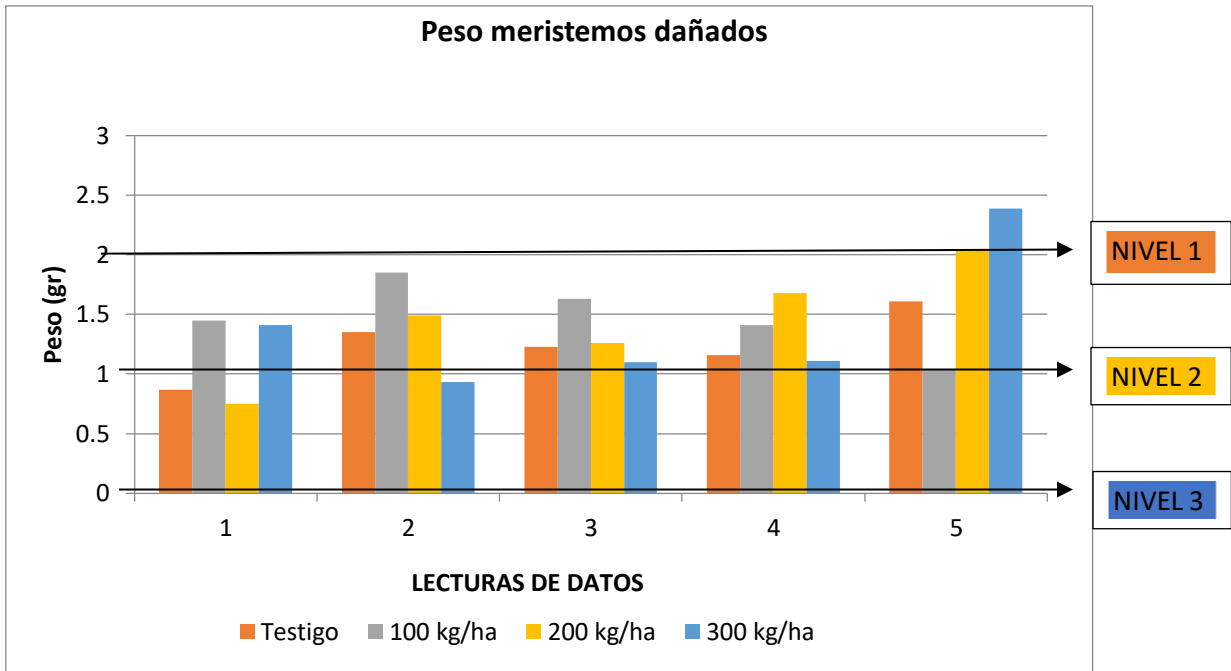


Figura 22^a. Gráfica de la comparación de pesos de plantas dañadas, en sus respectivos niveles, 1 Leve, 2 Moderado, 3 Severo, durante el tiempo

Cuadro 14^a. Resultados del análisis de varianza para el peso de meristemos dañados

Días = 15.00

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Daño	Peso	12	-0.85	0.0005

Días = 30.00

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Daño	Peso	16	0.45	0.0817

Días = 45.00

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Daño	Peso	15	-0.44	0.1018

Días = 60.00

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Daño	Peso	16	0.59	0.0170

Días = 75.00

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Daño	Peso	12	-0.22	0.4837

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1
71	172.02	251.23	-45.01	0.69	0.24	0.24

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	48	49.45	<0.0001
Tratamiento	3	48	0.54	0.6552
Días	4	48	1.07	0.3796
Tratamiento:Días	12	48	1.86	0.0642



3. CAPÍTULO III

SERVICIOS PRESTADOS EN LA FINCA CALIFORNIA, INGENIO PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

3.1. Presentación

CENGICAÑA, 2013, reporta que la caña de azúcar es de los cultivos relevantes en la economía nacional, ya que, en los últimos años, el área sembrada se ha extendido considerablemente: de 119,000 ha en la zafra 1990-1991; a 180,000 Ha en 1998 -1999 y en el 2002 fue de 187,000 ha, lo que representa crecimiento de 66.7 % en doce años, el área cultivada para el año 2014 fue de 235,000 Ha, lo que representa el 2.15 % del territorio nacional.

Según (ASAZGUA, 2015) El azúcar representa el 15.35 % de las exportaciones totales del país; el 3 % del PIB y 31.6 % del total de exportaciones agrícolas del país. A la vez, Guatemala produce el 51 % del total de azúcar en Centroamérica, asimismo consume el 48 % de la producción, que es el porcentaje más bajo en Centroamérica, y es el quinto exportador mundial y segundo en Latinoamérica. En el período 2013/2014, Guatemala exportó 1,437,796 quintales de azúcar con total de \$ 910 millones generados por divisas al exportar.

Las plagas en el cultivo de caña de azúcar se han priorizado e identificado como gusano barrenador del tallo, chinche salivosa y rata de campo. Debido a esta situación se planteó como alternativa distintas soluciones para combatir los problemas ocasionadas por estas plagas antes mencionadas, ya que afectan el cultivo de caña de azúcar aumentando el daño cada vez que el porcentaje de infestación, y el porcentaje de intensidad de infestación se incrementa en los lotes de la Finca California.

Por esta razón se plantearon servicios tales como establecer estaciones de monitoreo para la dinámica poblacional del gusano barrenador del tallo y la elaboración de mapas de seguimiento de resiembra por medio de sistema de información geográfica.

3.2. Estudio del daño a la caña de azúcar por el barrenador de la caña *Diatraea spp.* en estaciones de monitoreo con dos diferentes condiciones de tallo.

3.2.1. Marco Teórico

a. Hábitos

(Gomez & Lastra, 1995) citan que los adultos de *D. saccharalis* son polillas de hábito nocturno que depositan sus huevos sobre las hojas de la caña en mayor proporción en tallos mayores a 7 meses, momentos después de la emergencia las larvas se colocan en los nudos de la planta donde inician el daño sobre la epidermis perforando hasta crear galerías dentro del entrenudo que posteriormente se tiñen de rojo por invasión de microorganismos degradadores.

b. Pérdidas económicas

(Gomez & Lastra, 1995) indican que para bajo las condiciones del valle de cauca en Colombia el daño del barrenador de la caña expresada en intensidad de infestación disminuye en 0.7% el rendimiento en toneladas por hectárea por cada aumento de unidad, lo que provoca una disminución considerable en sectores que cuentan con las condiciones para el desarrollo exponencial de la población de dicha plaga, ya que se indica que altas incidencias de infestación del barrenador de la caña son asociadas a: variedades susceptibles, área de alta incidencia, edad avanzada de corte y volcamiento excesivo.

3.2.2. Objetivos

- Establecer estaciones temporales para el monitoreo de la dinámica poblacional de *Diatraea spp.*

- Determinar las condiciones de cultivo que promueven variaciones en la dinámica poblacional del barrenador del tallo.
- Determinar el efecto sobre la producción de caña de azúcar del daño de gusano barrenador del tallo en diferentes condiciones de cultivo.

3.2.3. Hipótesis

La condición postrada mostrará las mejores condiciones para el desarrollo del daño causado por el barrenador de la caña ya que mantiene niveles de humedad constantes y dificultad de ingreso de depredadores naturales por lo tanto el mayor nivel de daño se presentará en el estrato bajo.

3.2.4. Metodología

A. Monitoreo interacción condición de cultivo-Daño plaga.

Con el fin de determinar la correlación existente entre el incremento del daño de *Diatraea spp.* con la condición estructural de la plantación de caña, tallos postrados o erectos, se establecieron estaciones de monitoreo tomando como línea de siembra de 1.5 m de ancho y 10 m de largo, en los cuales fueron colocados tutores de alambre, con el fin de evitar el postrado del cultivo, además de una estación de monitoreo alterna con caña de azúcar postrada, todas las plantas muestreadas fueron subdivididas en tres regiones para su análisis espacial, porción baja, media y superior con el fin de observar la movilidad de la plaga verticalmente.

Para la distinción de tiempo de muestreo se utilizaron cintas de colores, ya que los muestreos se realizaron mensualmente.

B. Monitoreo Dinámica poblacional

Con el fin de evaluar la variación en la dinámica poblacional del gusano barrenador del tallo, se muestrearon las áreas alrededor de las estaciones temporales de muestreo, en las cuales se determinó el porcentaje e intensidad de infestación, así como la cantidad de larvas por hectárea a lo largo de 4 meses.

C. Evaluación efecto en producción de materia verde de caña de azúcar

Al final del periodo de muestreo en las estaciones temporales, se determinó el peso del material verde en tallos dañados, así como tallos sanos con el fin de evaluar la significancia de la diferencia entre ambos.

3.2.5. Resultados

A. Monitoreo interacción condición de cultivo-Daño plaga.

La condición de los tallos evaluados (postrado-tutoreado), la ubicación del daño y el mes de muestreo fueron analizados con un modelo multivariado con criterios Lawley - Hotelling, en los cuales se determinó que no existe efecto directo sobre el daño del gusano barrenador de la caña en cantidad de perforaciones, por la condición del tallo, por lo que no importando su condición postrada o erecta el daño por perforaciones de gusano barrenador del tallo es similar.

De igual manera la región del tallo evaluada (Baja-media-superior) no presentó diferencias significativas para incrementar el daño por perforación de la larva, presentándose indistintamente en este caso en todo el tallo.

Contrario a la distribución del daño por perforación a lo largo del tiempo, que presentó diferencias significativas con 95 % de confiabilidad, por lo que existe mayor porcentaje de daño al no presentar un control efectivo para el manejo de la plaga, sin embargo, existe una

regulación natural de la población ya que el mayor porcentaje daño se presentó en el primer mes de muestreo.

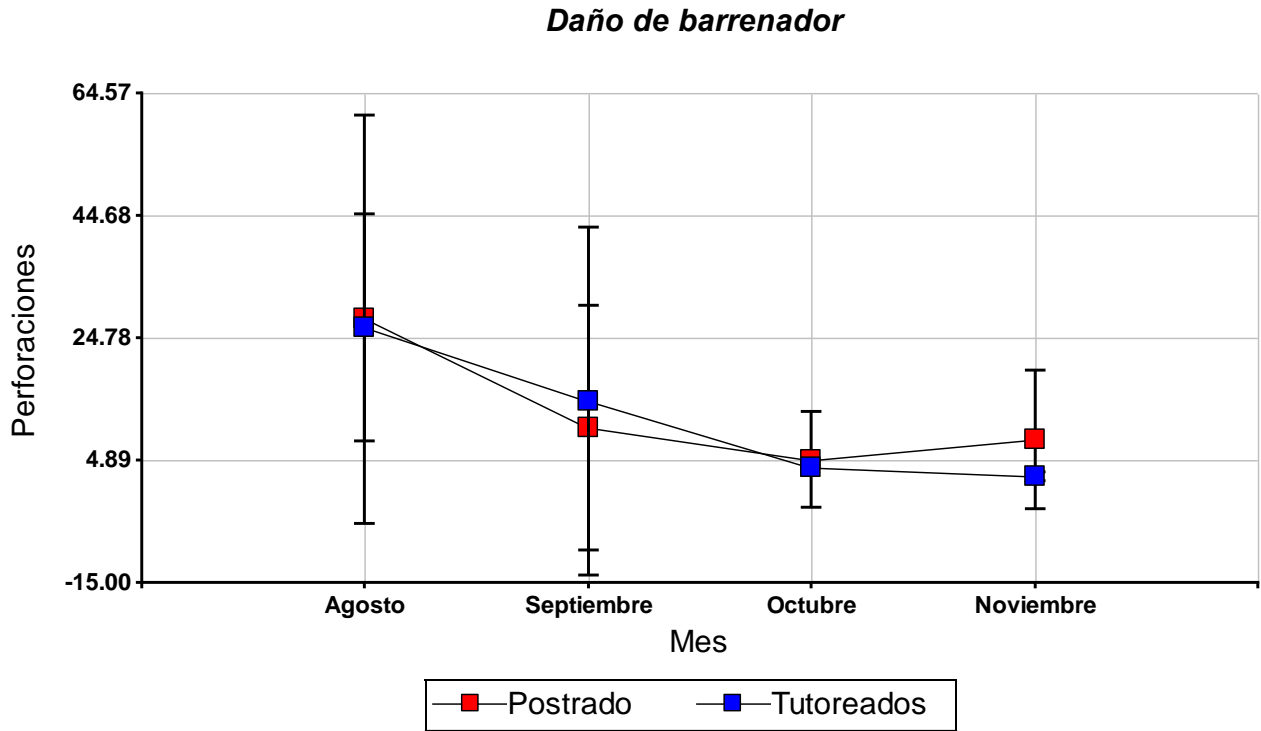
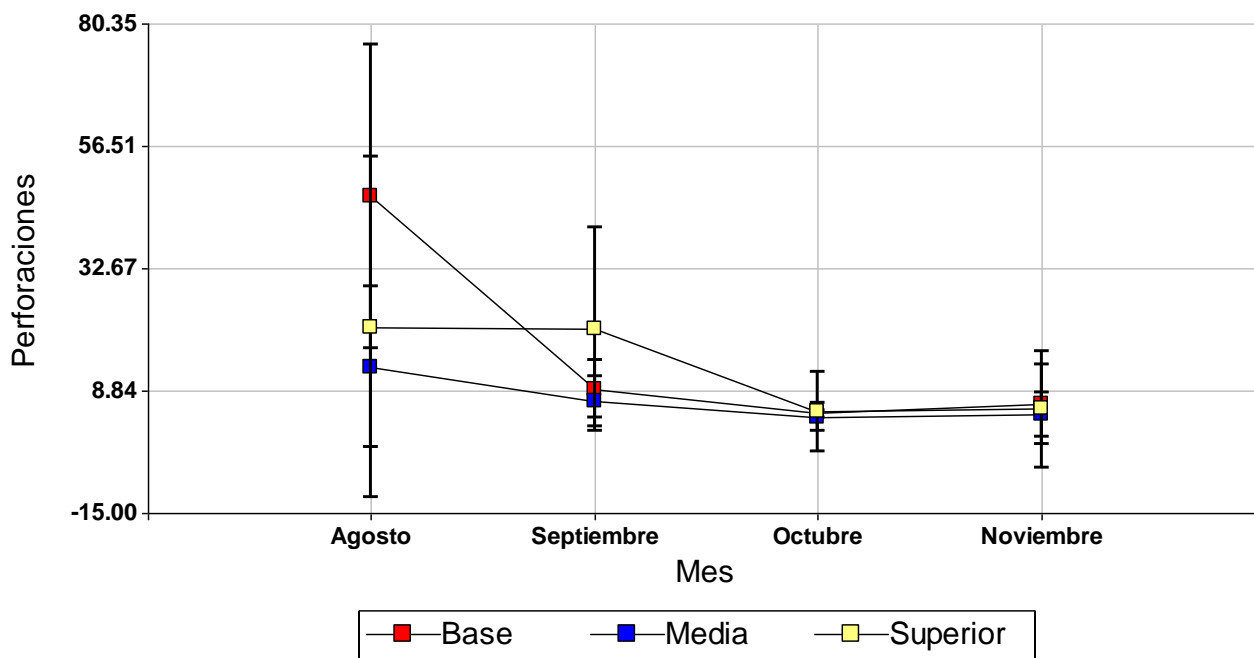


Figura 23. Distribución del daño de barrenador del tallo en el periodo de estudio

Daño en estratos del barrenador de la caña



Cuadro 16: Resultado de análisis de varianza para la distribución de daño del barrenador de la caña

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)					
F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Condición	4.7E-03	0.08	1	17	0.7818
Mes	1.44	8.13	3	17	0.0014*
Ubicación	0.27	2.30	2	17	0.1306

Prueba Hotelling Alfa=0.05			
<i>Error: Matriz de covarianzas común gl: 17</i>			
Mes	Perforaciones	n	
Octubre	4.33	6	B
Noviembre	5.25	6	B
Septiembre	12.33	6	B
Agosto	27.17	6	A

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

No se encontraron diferencias significativas en la ubicación del daño de barrenador a lo largo del tallo, sin embargo, si en el mes de muestreo, siendo el de mayor porcentaje de daño en el mes de agosto seguido de una disminución paulatina constante del daño en los próximos meses, coincide con la temporada disminución de lluvias denominada canícula, lo que caracteriza un aumento de la temperatura media y mantenimiento de la humedad

ambiental, condiciones ideales para potencializar el crecimiento poblacional del gusano

Cuadro 17: Resultado del análisis de varianza para la condición del tallo y el daño del gusano barrenador del tallo

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Peso medio tallos kg	8	0.77	0.60	10.67		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	0.15	3	0.05	4.44	0.0920	
Condición	0.15	3	0.05	4.44	0.0920	
Error	0.04	4	0.01			
Total	0.19	7				
Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.3399						
<i>Error: 0.0112 gl: 4</i>						
Condicion	Medias	n	E.E.			
TUTOREADO SANAS	1.17	2	0.07	A		
POSTRADO SANAS	1.06	2	0.07	A		
POSTRADO DAÑADOS			0.95	2	0.07	A
TUTOREADO DAÑADOS			0.80	2	0.07	A
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</i>						

3.2.6. Conclusiones

- Se determinó que las condiciones ideales para el desarrollo exponencial de la dinámica poblacional del barrenador de la caña son el tallo postrado debido a que propicia un microambiente ideal al proveer de sombra y evitar la deshidratación de los mismos.
- Se determinó que el mayor daño por el barrenador de la caña se presenta en el estrato bajo del tallo por presentar mejores condiciones de aislamiento a las condiciones externas.

3.2.7. Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de variedades de caña de azúcar con crecimiento erecto para no propiciar un aislamiento de la radiación solar y contribuir con la deshidratación de larvas en los primeros instares controlando de esta manera el crecimiento de la misma.

3.3. Efecto del tipo de cosecha sobre el rebrote de esquejes de caña de azúcar.

3.3.1. Objetivos

- Determinar el efecto del tipo de cosecha de caña de azúcar sobre su capacidad de rebrote
- Determinar el incremento en el requerimiento de material vegetal por acción del tipo de cosecha utilizado.

c. Re-siembra de esquejes de caña de azúcar

En la producción de caña de azúcar se aprovecha la capacidad de reproducción asexual por medio de la siembra de esquejes, los cuales deben ser renovados cada 4 años, para mantener un vigor de rebrote y producción aceptable, sin embargo, diversos factores como lo son microorganismos y condiciones de suelo disminuyen dicha capacidad de rebote de yemas vegetativas por lo que es necesario realizar re-siembra para ajustar el rendimiento proyectado, lo que incide en incrementos sobre costos de mantenimiento y heterogeneidad en la producción.

3.3.2. Hipótesis

La cosecha mecanizada de caña de azúcar representa un método de más amigable con el ambiente al no generar emisiones de dióxido de carbono por evitar la quema del material vegetal por lo que presentará menor porcentaje de reserva por preservar el vigor del esqueje anterior.

3.3.3. Marco teórico

(Toruño Castro, 2010) expone que la resiembra de caña de azúcar es una práctica necesaria en la producción y consiste en reponer el material de siembra que no germinó o donde la caña no retoñó después del corte; por lo tanto, se realizó un ensayo de campo para conocer el efecto del método de cosecha y cómo el mismo ayuda a disminuir este efecto en mayor resiembra, Los costos estándares asociados a la resiembra sencilla y resiembra doble son aproximadamente de \$138.89 y \$239.59 por manzana efectiva, respectivamente.

3.3.4. Metodología

d. Determinación del tipo de cosecha

Fueron seleccionadas regiones en las cuales su principal inconveniente es la pendiente para utilizar la cosecha manual, en la cual la eficiencia de corte es menor y es necesaria la utilización de quema para mejorar las condiciones de la plantación al ingreso de los cortadores, lo que significa un incremento en el costo de ejecución y ambiental al degradar nutrientes importantes que pudieran potencializar el rebrote de los esquejes de caña de azúcar, sin embargo, con la cosecha mecanizada se toma como inconveniente cierto grado de compactación del suelo lo que provoca un ambiente desfavorable para el rebrote de los esquejes de caña de azúcar en el suelo.

e. Cuantificación del porcentaje de resiembra

Por medio de fotos aéreas con corroboración en campo se determinó el porcentaje necesario de resiembra en lotes con distinto tipo de cosecha en el ciclo anterior ubicando espacios vacíos.

f. Análisis de la información

3.3.5. Resultados

Se realizó un análisis de varianza al 95 % de confiabilidad para el porcentaje de resiembra en los distintos lotes evaluados en el cual se determinó que existen diferencias significativas en el efecto del tipo de cosecha sobre la capacidad de rebrote de esquejes de caña de azúcar, Cuadro 18.

Por medio de un análisis de comparación de medias al 95% con la metodología DGC se determinó que la cosecha manual tiene efecto de requerir menor cantidad de resiembra en comparación a la cosecha mecanizada por efecto de compactación de suelo en los lotes evaluados tal como se muestra en la gráfica de la Figura 24,

Cuadro 18: Resultados de análisis de varianza para el porcentaje de resiembra

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Resiembra	27	0.38	0.36	49.19		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	757.16	1	757.16	15.37	0.0006	
Cosecha	757.16	1	757.16	15.37	0.0006*	
Error	1231.53	25	49.26			
Total	1988.69	26				
Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=5.6818						
<i>Error: 49.2611 gl: 25</i>						
Cosecha	Medias	n	E.E.			
Manual	8.77	13	1.95	A		
Mecanizada	19.37	14	1.88	B		
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</i>						

Reposición de material vegetal

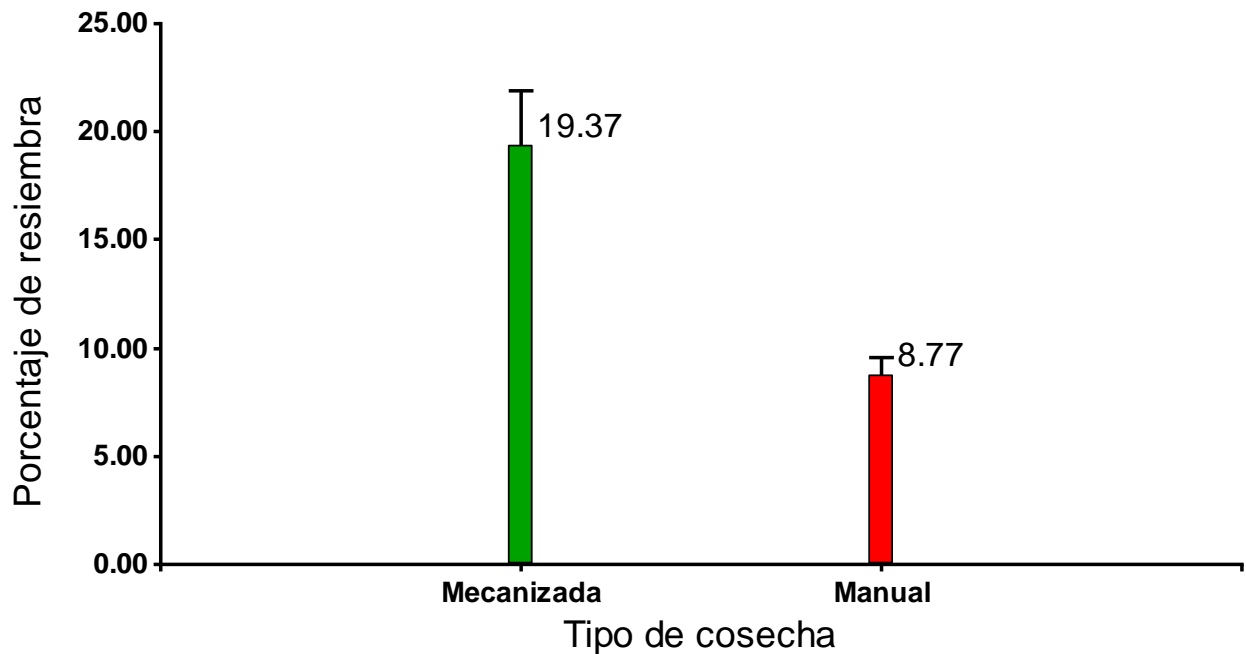


Figura 24. Gráfica de la cantidad de material necesario para resiembra en dos tipos de cosecha de caña de azúcar

3.3.6. Conclusiones

- Se determinó que las condiciones ideales para disminuir el porcentaje de resiembra en las condiciones ambientales de la Finca California son la cosecha mecanizada para evitar la compactación del suelo y contribuir de esta manera el rebrote del esqueje.

3.3.7. Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de variedades de caña de azúcar con crecimiento erecto para contribuir al aprovechamiento del terreno para cosecha mecanizada y disminuir el costo por la actividad de resiembra

3.3.8. Bibliografía

1. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, Guatemala). 1997. Informe anual. Guatemala. 36 p.
2. Bioagro. 2011. *Diatraea saccharalis*. Bioagro-Soluciones Biológicas. Consultado 20 nov 2011. Disponible en http://www.bioagro.com.co/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=27&limit=1&limitstart=4 (10/01/2011)
3. Bleszynsky, S. 1969. The taxonomy of the crambinae moth borres of sugar cane. Pest of sugar cane. Ed. por Williams, KR; Metcalfe, JR; Montgomery, RW. y Mathes, R. Ámsterdam, Holanda, Elsevier. p. 11-59.
4. CAÑAMIP (Comité de Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2016. Muestreo de infestación en macollamiento, Benchmarking sobre el manejo integrado del barrenador del tallo. Guatemala, CAÑAMIP, Programa MIP / CENGICAÑA.
5. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación en Caña de Azúcar, Guatemala). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Artemis Edinter. 137 p.
6. _____. 1998. Géneros de importancia y distribución de *Diatraea* spp. Guatemala, Caña-MIP. 102 p.
7. _____. 2001. Grupo de manejo de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Ingeniería del Campo. 140 p.
8. CENICAÑA (Centro Colombiano de Investigación y Capacitación en Caña de Azúcar, Colombia). 2002. Características agronómicas y de productividad de la variedad CC 85-92. Colombia. 80 p.
9. De la Cruz S, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.

3.3.9. Anexos

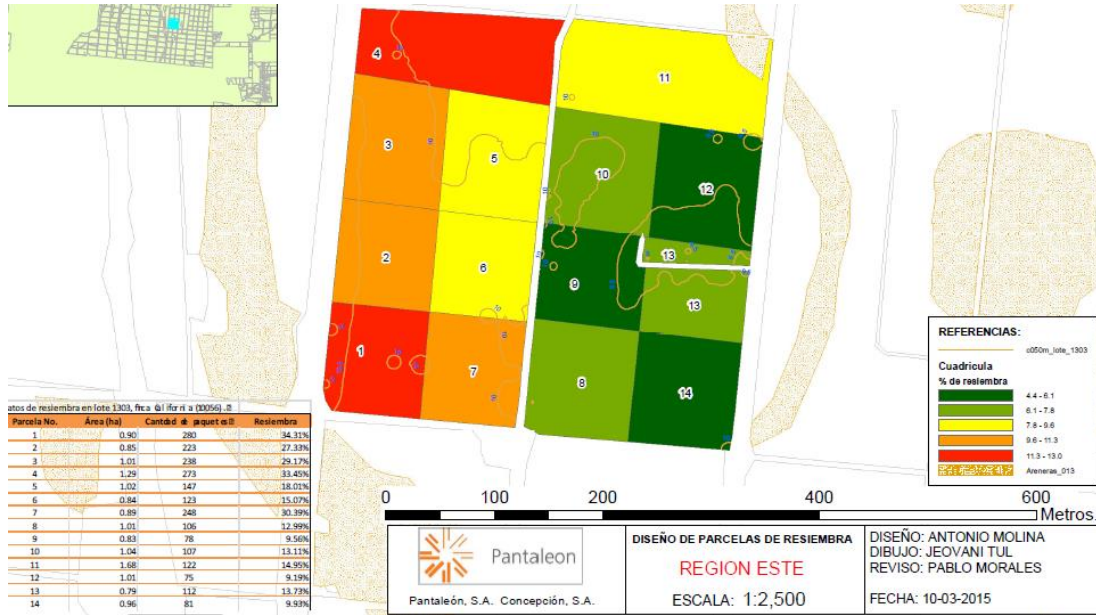


Figura 25a: Distribución de zonas de corte del lote 1303 con cosecha mecanizada

Fuente: Elaboración propia, 2015

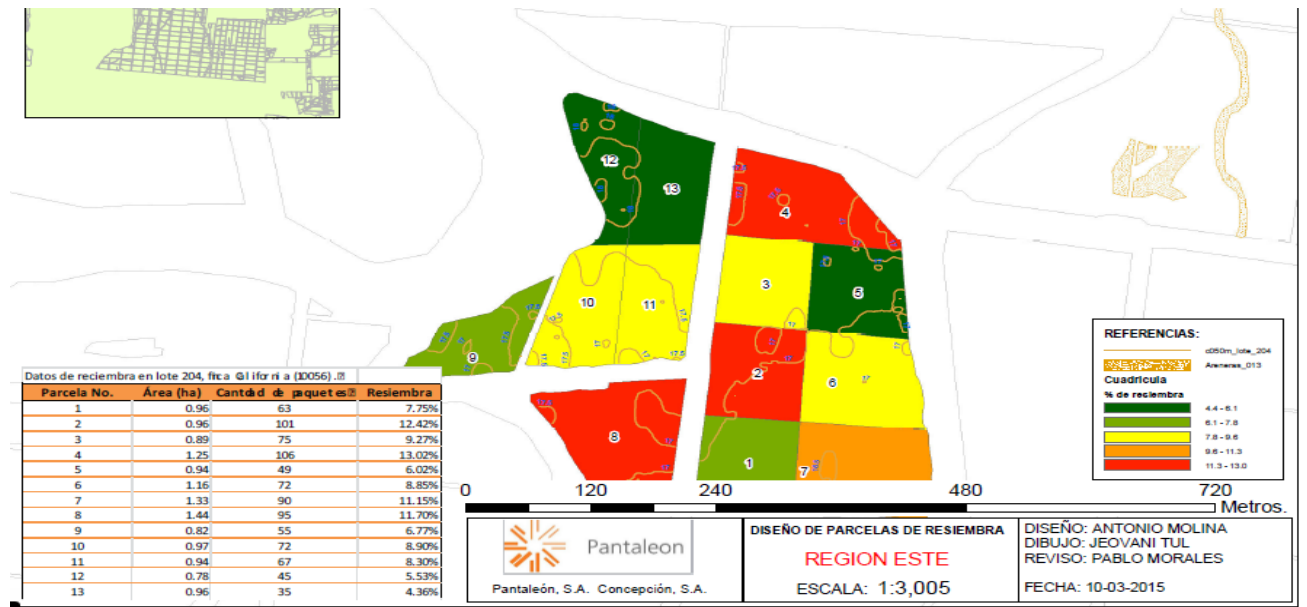


Figura 26a: Distribución de zonas de corte de lote 204 con cosecha manual

Fuente: Elaboración propia, 2015