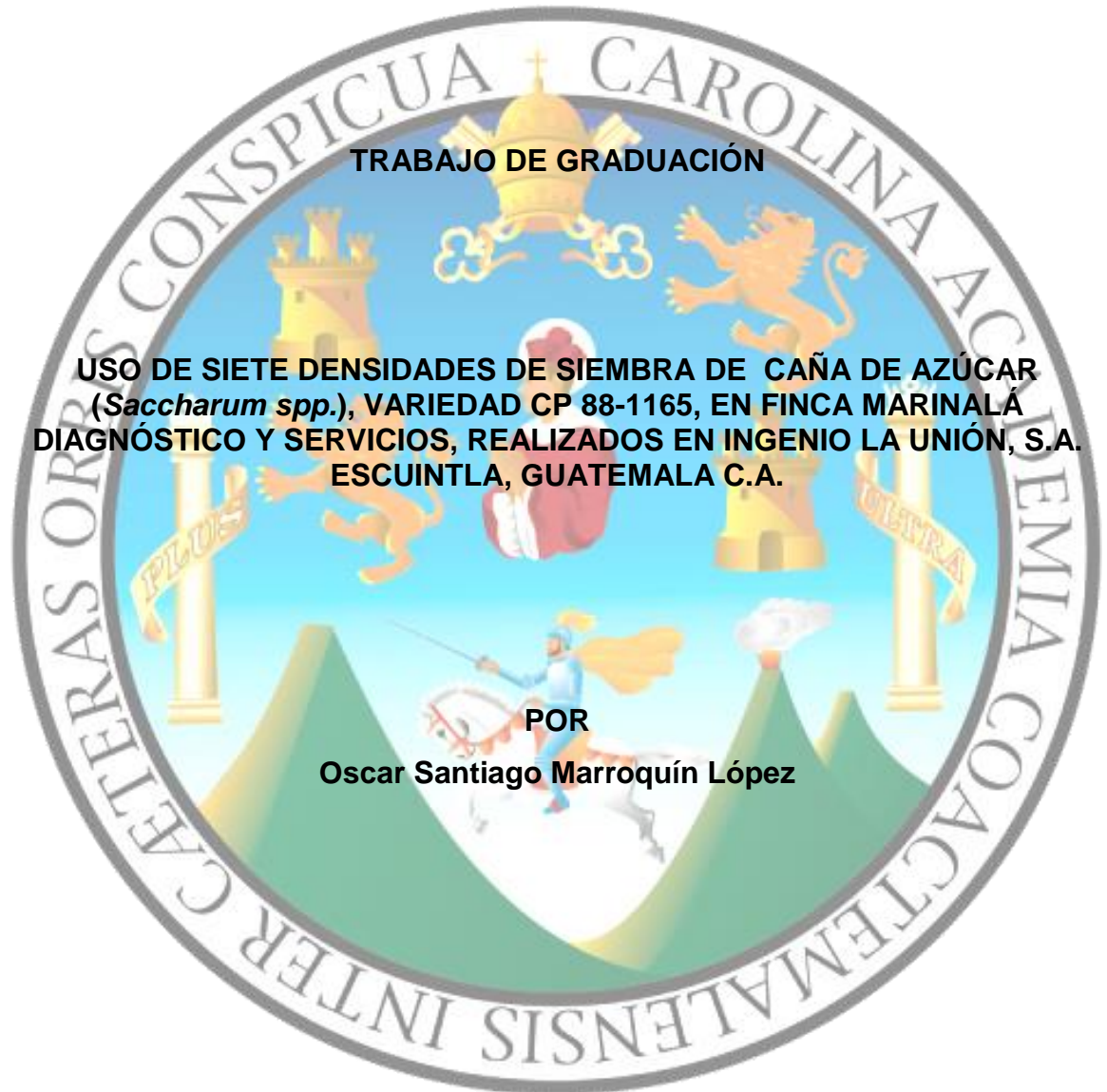


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**USO DE SIETE DENSIDADES DE SIEMBRA DE CAÑA DE AZÚCAR  
(*Saccharum spp.*), VARIEDAD CP 88-1165, EN FINCA MARINALÁ  
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS, REALIZADOS EN INGENIO LA UNIÓN, S.A.  
ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.**

**POR**

**Oscar Santiago Marroquín López**

**GUATEMALA, MAYO 2014**



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

TRABAJO DE GRADUACION REALIZADO EN FINCA MARINALÁ, INGENIO LA UNIÓN,  
S.A. ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.

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



POR

Oscar Santiago Marroquín López

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO  
DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Sindy Benita Simón Mendaza
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Alexandre Soto Estrada
SECRETARIO	Ing. Agr. Jose Rolando Lara Alecio

GUATEMALA, MAYO 2014



Guatemala, mayo 2014

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 realizado Ingenio La Unión, S.A. Escuintla, Guatemala, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

OSCAR SANTIAGO MARROQUÍN LÓPEZ





## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

- A Dios** Padre Bendito que me proveo la vida y la sabiduría para alcanzar esta meta.
- A mis padres** Mario Rene Marroquín Lemus y Norma Aracely López de Marroquín por su gran amor y apoyo incondicional en la formación de mi vida académica.
- A mis hermanos** Mario Jose Marroquín López, Norma Aracely Marroquin López y Juan Luis Marroquín López por su cariño y apoyo incondicional.
- Mi Abuelita** Juana Lemus de Marroquín.
- Mis Tios** Claudia Marroquín, Juan Marin Payes y Rubelia López de Marin
- Mis Amigos** Johan Rivera, Luis Mansilla, Kevin Nufio, Hugo Gramajo, Dimitri Pinto, Allan Salguero, Miguel Martinez, Antonio Cambranes, Tracy Vela, Karla Lopez, Cristina Son, Maria de los Angeles Flores, Salome Vilda, Eddy Tabin.



## AGRADECIMIENTOS

<b>Dios</b>	Por darme la vida y sabiduría para poder llegar a este nuevo escalón de la vida.
<b>A la Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Alma Mater.
<b>A la Facultad de Agronomía</b>	Por ser una fuente de conocimiento.
<b>Mis padres</b>	Por su amor y apoyo económico, moral y espiritual durante mis años de vida.
<b>Mis Hermanos</b>	Por su apoyo incondicional.
<b>Mis Amigos</b>	Por su apoyo en los problemas así como en las alegrías del camino de mi vida.
<b>A la Familia</b>	Vilda Garcia.
<b>Mis Asesores</b>	Dr. Marco Vinicio Fernández e Ing. Agr. Manuel Martínez por su apoyo en la elaboración de este documento.
<b>Colaboradores</b>	Ing. Agr. Víctor Azañon, Ing. Agr. Cristian Garcia por confiar y apoyar en mi persona durante mi Ejercicio Profesional Supervisado.
<b>Ingenio La Union</b>	Por confiar y apoyar a mi persona durante mi Ejercicio Profesional Supervisado.



## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1	CAPÍTULO I .....3
	DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIO LA UNIÓN, S.A. ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A..... 3
1.1	PRESENTACIÓN .....5
1.2	OBJETIVOS .....7
1.2.1	Objetivo general .....7
1.2.2	Objetivos específicos.....7
1.3	METODOLOGÍA.....8
1.3.1	Reconocimiento del área.....8
1.3.2	Obtención de información primaria.....8
1.3.3	Obtención de información secundaria .....8
1.3.4	Recopilación de información .....8
1.3.5	Análisis de la información (Análisis FODA) .....8
1.4	RESULTADOS ..... 10
1.4.1	Ubicación.....10
1.4.2	Limites y colindancias.....11
1.4.3	Situación actual de recursos naturales renovables .....11
1.4.4	Área de trabajo del Departamento de Investigación Agrícola.....12
1.4.5	Fincas de trabajo del Departamento de Investigación Agrícola.....12
1.4.6	Departamento de Investigación Agrícola.....12
1.4.7	Lineamientos de investigación .....12
1.4.8	Responsabilidad del Departamento de Investigación Agrícola.....13
1.4.9	Objetivos del Departamento de Investigación Agrícola .....13
1.4.10	Organigrama del Departamento de Investigación Agrícola .....14
1.4.11	Ubicación de experimentos .....14
1.4.12	Geometría de la parcela .....14
1.4.13	Cosecha de experimentos.....15
1.4.14	Responsables del mantenimiento de los experimentos.....15
1.4.15	Implicados en el proceso de investigación .....15
1.4.16	Investigación agrícola y su relación con otros departamentos. ....16
1.4.17	Convenios de investigación.....16
1.4.18	Investigaciones realizadas en Ingenio La Unión en Zafra 2009-10 .....16
1.4.19	Investigación del Departamento de Investigación Agrícola Zafra 2009- 2010 .....16
1.4.20	Investigación del Departamento de Ingeniería Agrícola Zafra 2009- 2010 .....17
1.4.21	Investigación del Departamento de Agronomía.....17
1.5	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....18
1.5.1	FODA del Departamento de Investigación .....18

CONTENIDO	PÁGINA
1.5.2	Priorización de problemas..... 19
1.6	CONCLUSIONES ..... 20
1.7	BIBLIOGRAFÍA ..... 21
2	CAPÍTULO II ..... 23
2.1	PRESENTACIÓN..... 25
2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... 27
2.3	MARCO TEÓRICO..... 28
2.3.1	Caña de azúcar..... 28
2.3.2	Fases del ciclo del cultivo ..... 28
2.3.3	Propagación de la caña de azúcar..... 31
2.3.4	Esquejes ..... 31
2.3.5	Yemas..... 31
2.3.6	Maletines o paquetes ..... 32
2.3.7	Distanciamiento de siembra..... 32
2.3.8	Densidad de siembra ..... 32
2.3.9	Siembra de caña de azúcar ..... 32
2.3.10	Tipos de siembra..... 33
2.3.11	Modalidades de siembra ..... 34
2.3.12	Resiembra..... 34
2.3.13	Caña plantía..... 35
2.3.14	Semilleros ..... 35
2.3.15	Tratamiento Hidro-térmico..... 36
2.4	MARCO REFERENCIAL..... 37
2.4.1	Localización del área experimental ..... 37
2.4.2	Temperatura..... 38
2.4.3	Precipitación pluvial ..... 38
2.4.4	Zona de vida ..... 38
2.4.5	Condiciones edáficas ..... 38
2.4.6	Variedad de caña de azúcar utilizada en el ensayo ..... 40
A.	Variedad CP 88-1165..... 40
2.5	OBJETIVOS ..... 41
2.5.1	Objetivo general ..... 41
2.5.2	Objetivos específicos ..... 41
2.6	METODOLOGÍA ..... 42
2.6.1	Diseño experimental ..... 42
2.6.2	Tratamientos evaluados..... 42
2.6.3	Croquis del ensayo ..... 43
2.6.4	Descripción de las variables..... 43
A.	Diámetro de tallos (mm) ..... 43
B.	Altura de tallo (m)..... 43
C.	Población de caña de azúcar. (Número de tallos/ metro lineal) ..... 44
D.	Producción de caña de azúcar. (Ton/ha) ..... 44
2.6.5	Rentabilidad de tratamientos. (Q) ..... 44
2.6.6	Manejo del experimento ..... 45
2.6.7	Obtención de materiales ..... 45

CONTENIDO	PÁGINA
2.6.8	Influencia del manejo agronómico en el ensayo.....46
2.6.9	Análisis de resultados.....48
2.7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....49
2.7.1	Componentes de producción de caña .....49
2.7.2	Diámetro y altura de tallo.....51
2.7.3	Producción de caña (TCH) .....52
2.8	ANÁLISIS ECONÓMICO .....54
2.9	CONCLUSIONES.....57
2.10	RECOMENDACIONES .....58
2.11	BIBLIOGRAFÍA .....59
2.12	APÉNDICE .....63
3	CAPÍTULO III.....69
	SERVICIOS PRESTADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, INGENIO LA UNION S.A, ESCUINTLA , GUATEMALA. ....69
3.1	PRESENTACIÓN .....71
3.2	AREA DE INFLUENCIA.....73
3.2.1	Ubicación.....73
3.2.2	Extensiones, límites y colindancias. ....73
3.2.3	Suelos .....74
3.2.4	Agua .....74
3.2.5	Clima .....74
3.3	OBJETIVO GENERAL.....75
3.4	SERVICIOS PRESTADOS .....75
3.5	EVALUACION DE NUTRIENTES LIMITANTES . ....75
3.6	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....75
3.7	OBJETIVOS .....76
3.8	METODOLOGÍA.....77
3.8.1	Ubicación de los ensayos.....77
3.8.2	Diseño experimental.....77
3.8.3	Nutrientes minerales evaluados .....78
3.8.4	Aplicación de fertilizantes .....78
3.8.5	Cosecha .....79
3.8.6	Variables de respuesta.....79
3.8.7	Análisis de la información.....79
3.9	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....79
3.10	CONCLUSIONES.....84
3.11	RECOMENDACIONES .....84
3.12	APÉNDICE .....85
3.13	BIBLIOGRAFÍA .....89
3.14	SERVICIOS NO PLANIFICADOS.....90
3.15	EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE SILICATO DE CALCIO.....90
3.16	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....90
3.17	OBJETIVOS .....91

3.18	METODOLOGÍA .....	91
3.18.1	Diseño experimental .....	91
3.18.2	Aplicación y productos utilizados .....	91
3.18.3	Muestreo de barrenador .....	93
3.18.4	Cosecha .....	93
3.18.5	Manejo del ensayo .....	93
3.18.6	Variables de respuesta .....	93
3.18.7	Análisis de datos .....	93
3.19	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	94
3.19.1	Incidencia de barrenador .....	95
3.20	CONCLUSIONES .....	97
3.21	RECOMENDACIONES .....	97
3.22	APÉNDICE .....	98
3.23	BIBLIOGRAFÍA .....	100



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Ubicación Ingenio La Union, S.A finca Belen, Guatemala. ....	10
Figura 2. Organigrama del departamento de investigación Agrícola. ....	14
Figura 3. Ubicación del Ensayo. ....	37
Figura 4. Croquis del ensayo. ....	43
Figura 5. Población promedio de tallos/m lineal según tratamiento. ....	49
Figura 6. Producción de caña TCH según tratamiento. ....	53
Figura 7A. Curva de beneficio neto Q/ha.....	55
Figura 8A. Promedio de Altura de tallo.....	63
Figura 9A. Medición de diámetro de tallos con ayuda de un vernier.....	65
Figura 10A. Medición de diámetro de tallos con ayuda de un vernier.....	65
Figura 11A. Conteo de tallos molederos.....	66
Figura 12A. Conteo de tallos molederos.....	66
Figura 13A. Cosecha de Chorras.....	67
Figura 14A. Chorra continúa.....	67
Figura 7. Promedio TCH finca Belén. ....	80
Figura 8. Promedio de TCH finca Margaritas.....	80
Figura 9. Promedio TCH finca Jabalí III. ....	81
Figura 10. Incrementos en el tonelaje con respecto al testigo, finca Belén. ....	81
Figura 11. Incrementos en el tonelaje con respecto al testigo, finca Margaritas.....	82
Figura 12. Incrementos en el tonelaje con respecto al testigo, finca Jabalí III .....	82
Figura 13. Croquis del Ensayo en Finca Belén. ....	85
Figura 14. Tratamientos y dosis evaluadas en finca Belén.....	85
Figura 15A. Croquis del ensayo en finca Margaritas. ....	86
Figura 16A. Croquis del ensayo en finca Jabalí III.....	88
Figura 17. TC/ha Promedio por dosis de silicato de calcio aplicado. ....	94
Figura 18. TC/ha por dosis de silicato de calcio en finca Jabalí III.....	95
Figura 19A. Croquis del ensayo de evaluación de silicato de calcio finca Jabali III. ....	98

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Personal implicado en el proceso de Investigación. ....	15
Cuadro 2. FODA del Departamento de Investigación.....	18
Cuadro 3. Matriz de priorización.....	19
Cuadro 4. Tratamientos evaluados.....	42
Cuadro 5. Mezcla 2 y Mezcla 4 de herbicida Ingenio La Union, S.A. ....	47
Cuadro 6. Análisis de varianza población tallos por metro lineal.....	50
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo. ....	51
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable altura de tallo. ....	52
Cuadro 9. Análisis de varianza variable de producción TCH.....	53
Cuadro 10. Prueba de medias de Tukey. ....	54
Cuadro 11. Análisis de presupuesto parcial. ....	55
Cuadro 12A. Cantidad de semilla, valor y disminución de costos según tratamiento. .	63
Cuadro 13A. Datos de producción de caña TC/ha. ....	64
Cuadro 14. Croquis de campo utilizado en los ensayos de nutrientes limitante. ....	77
Cuadro 15. Estructura de tratamientos, fuente y dosis de elementos. ....	78
Cuadro 16. Análisis de suelos evaluados. ....	79
Cuadro 17A. Análisis estadístico finca Belén. ....	86
Cuadro 18A. Tratamientos y dosis evaluadas en finca Margaritas.....	87
Cuadro 19A. Análisis estadístico finca Margaritas.....	87
Cuadro 20A. Tratamientos y dosis evaluadas en finca Jabalí III. ....	88
Cuadro 21. Dosis de Silicato de calcio utilizado en finca Jabalí III. ....	92
Cuadro 22. Porcentaje de infestación Barrenador del tallo (Diatraea.a) ....	96
Cuadro 23A. Datos de producción de caña por variedad y tratamiento. ....	98
Cuadro 24A. Análisis de estadístico evaluación nutriente limitante.....	99
Cuadro 25A. Prueba de medias de Tukey Variable TCH. ....	99

## TRABAJO DE GRADUACIÓN

### USO DE SIETE DENSIDADES DE SIEMBRA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), VARIEDAD CP 88-1165, EN FINCA MARÍNALA, INGENIO LA UNIÓN S.A. ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

#### RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, se ejecutó en coordinación con Ingenio La Unión S.A. Escuintla, Guatemala; en el que se elaboró el presente proyecto que se divide en tres fases: Diagnóstico, Investigación y Servicios.

En la fase de diagnóstico se describe la situación actual, así mismo las necesidades, problemas y fortalezas del departamento de investigación, utilizando como herramienta una matriz de priorización de problemas se recomendó una ampliación en la estructura que integra el departamento y la selección y capacitación de personal en campo para labores específicas de investigación.

En la fase de investigación "Uso de siete densidades de siembra de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), variedad CP 88-1165, en Finca Marínala, Ingenio La Unión S.A. Escuintla, Guatemala, C.A" se utilizó el diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones y siete tratamientos; dicho diseño se utilizó para determinar la estabilidad de los tratamientos, así mismo su rentabilidad.

El análisis económico mostró que la densidad de siembra de estaquillado a 11 metros es la que presenta la rentabilidad más atractiva presentando una diferencia en el ingreso neto de Q 899.71 por hectárea más que el testigo comercial.

De igual manera, se determinó la importancia del manejo de semilleros ya que el éxito en la disminución de la cantidad de semilla en la siembra depende de la calidad de la semilla

que se utilice. Como resultado final se espera que la información de producción y rentabilidad de tratamientos generada en la investigación sea de utilidad para incrementar y mejorar la producción de la caña de azúcar en el mercado guatemalteco.

Finalmente, en la fase de servicios se desarrollaron las siguientes actividades: Evaluación de nutrientes limitantes en caña de azúcar en finca Belén, Margaritas y Jabalí III y evaluación de la respuesta de tres variedades de caña de azúcar a la aplicación de silicato de calcio.

De acuerdo a los resultados obtenidos el fósforo es el nutriente que limita la producción en finca Belén , el azufre en finca Margaritas y el potasio en finca Jabalí III por lo que se recomendó incluir estos nutrientes en el programa de fertilización correspondiente en cada una de estas localidades.

En cuanto a la evaluación de silicato de calcio no se obtuvo respuesta positiva en ninguna de las tres variedades.

## **CAPÍTULO I**

**Diagnóstico del Departamento de Investigación de Ingenio La Unión, S.A. Escuintla,  
Guatemala, C.A.**



## 1.1 PRESENTACIÓN

Las investigación que desarrolla el departamento de investigación agrícola del ingenio La Unión S.A. deben de ir orientada a proyectos de alta rentabilidad, para la contribución de la mejora tecnológica y consecuentemente al aumento de la rentabilidad de la empresa.

El departamento de investigación agrícola evalúa, adopta y mejora nueva tecnología en madurantes, fertilizantes, herbicidas, mecanización, cosecha y variedades con el fin de incrementar la producción y lograr el objetivo de una mayor rentabilidad. Este departamento para desarrollar sus actividades interactúa con muchos factores de la empresa por lo que es importante conocer sobre ellos para tenerlos como base y realizar estrategias para una mejor investigación y evaluación de los problemas que se presenten.

El presente informe presenta un diagnóstico que se realizó en el área de investigación agrícola con el fin de evaluar su situación actual y conocer las necesidades y problemas que se encuentran actualmente en el departamento de investigación.

Para elaborar el diagnóstico se hizo un reconocimiento del área de trabajo del departamento, se realizaron entrevistas a las personas involucradas en investigación, se revisó literatura para reforzar la información y luego se sistematizó la información para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.





## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

- A. Diagnosticar la situación del departamento de investigación agrícola de Ingenio La Unión.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- A. Evaluar la situación actual del departamento de investigación.
- B. Detectar los problemas del departamento de investigación.
- C. Jerarquizar los problemas encontrados en el departamento de investigación.

## **1.3 METODOLOGÍA**

### **1.3.1 Reconocimiento del área**

Se realizó un reconocimiento del área en la cual el departamento de investigación realiza sus actividades diarias tanto a nivel de campo como a nivel de análisis y dirección, donde se pudo observar instalaciones, transporte, el personal, tecnología y recursos.

### **1.3.2 Obtención de información primaria**

Esta información se obtuvo conforme se realizó el reconocimiento haciendo entrevistas y sondeos a las personas involucradas en las actividades de investigación obteniendo información sobre sus experiencias y objetivos en cuanto a investigación se refiere.

### **1.3.3 Obtención de información secundaria**

Se realizaron revisiones de literatura de informes anuales, folletos, discos compactos. Dicha información se obtuvo del Ingenio La Union y La Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **1.3.4 Recopilación de información**

Se recopiló la información obtenida, la que sirvió para la sistematización de la información, analizarla y elaborar el diagnóstico.

### **1.3.5 Análisis de la información (Análisis FODA)**

Toda la información recopilada se utilizó para la elaboración y estructuración del FODA, una herramienta que permitió conformar un cuadro de la situación actual de la empresa, permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que permita en función de ello tomar decisiones acorde con los objetivos formulados.

El FODA, permitió determinar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene el departamento de investigación agrícola.

**Fortalezas:** son las capacidades especiales con que cuenta la empresa, y por los que cuenta con una posición privilegiada frente a la competencia. Recursos que se controlan, capacidades y habilidades que se poseen, actividades que se desarrollan positivamente, etc.

**Oportunidades:** son aquellos factores que resultan positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el entorno en el que actúa la empresa, y que permiten obtener ventajas competitivas.

**Debilidades:** son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia. Recursos de los que se carece, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente, etc.

**Amenazas:** son aquellas situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a atender incluso contra la permanencia de la organización.

## 1.4 RESULTADOS

### 1.4.1 Ubicación

Ingenio: La Union

Finca: Belen

Municipio: Santa Lucia Cotzumalguapa

Departamento: Escuintla

Finca Belen cuenta con una extensión territorial de 611.16 Ha de las cuales 409 están destinadas al cultivo de caña de azúcar y el resto conforma las instalaciones físicas de la fábrica y oficinas de la empresa.

Geográficamente se localiza dentro de las coordenadas 14 grados 16 minutos y 18 segundos latitud Norte y 91 grados, 5 minutos y 47 segundos longitud Oeste.

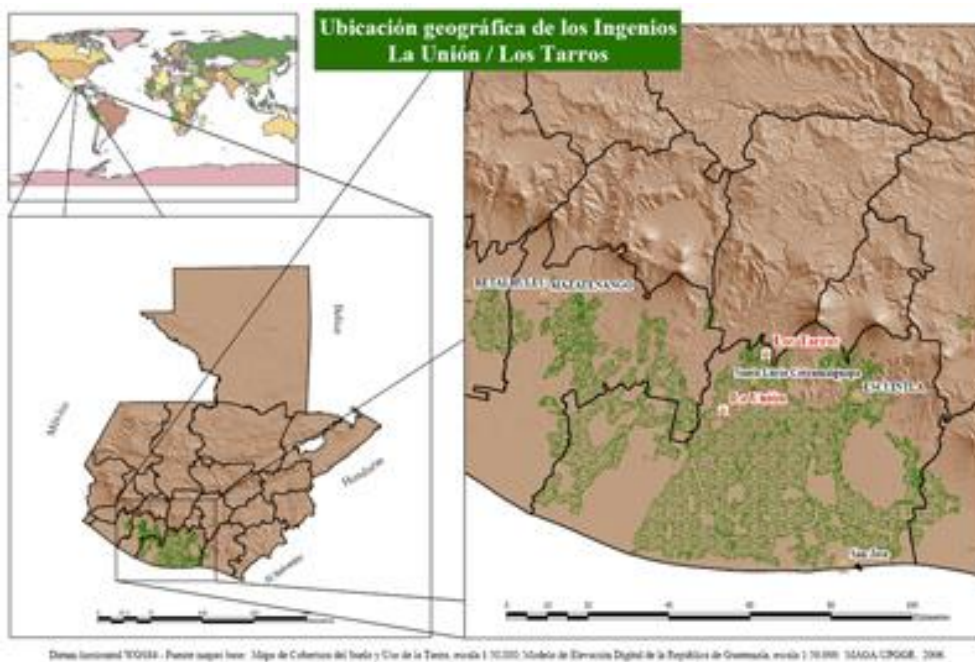


Figura 1. Ubicación Ingenio La Union, finca Belen, Ingenio La Unión, S.A Guatemala.

### **1.4.2 Límites y colindancias**

Finca Belén limita al Norte con finca Santa Isabel, al Sur con finca Venecia González, finca Tesalia y Aldea el Horizonte, al Este con finca camantulul y al Oeste con finca Santa Isabel, finca San Juan y finca San Ignacio.

### **1.4.3 Situación actual de recursos naturales renovables**

#### **A. Suelos**

Con base en la clasificación de suelos de Guatemala sistema USDA el área de estudio se encuentra en las siguientes clases:

Clase I: tierras para la agricultura sin restricciones, aptas para riego, con relieve plano, productividad alta con buen nivel de manejo, aptos para todos los cultivos.

Clase II: Tierras para agricultura con pocas restricciones, aptas para riego, topografía plana, ondulada o suavemente inclinada, alta productividad con prácticas de manejo de suelo y tecnología agrícolas moderadamente intensivas. Aptos para cultivos de rotación.

#### **B. Clima**

Ingenio La Unión se encuentra ubicada dentro de un clima cálido sin estación fría bien definida, húmedo con invierno seco. La zona de vida a la que pertenece es bmh-S(c) lo cual quiere decir: Bosque muy húmedo sub tropical cálido.

#### **C. Agua**

Ingenio La Unión se encuentra ubicada en la vertiente del Pacífico, cuenca del Coyolate y es irrigada por los ríos: Cristóbal, y Petayá.

#### **1.4.4 Área de trabajo del Departamento de Investigación Agrícola**

Las oficinas del departamento de investigación agrícola se encuentran en finca Belén ubicada en el kilómetro 101 de la ruta que conduce a la aldea El Cerro Colorado, Santa Lucia Cotzumalguapa, del departamento de Escuintla. Esta se encuentra a una altura de 150 msnm, geográficamente ubicada con las coordenadas 14°16'18.17" latitud Norte y 91°05'50.17" longitud Oeste. (Azañon, 2011).

#### **1.4.5 Fincas de trabajo del Departamento de Investigación Agrícola**

Las fincas en las que el departamento realiza sus labores de investigación se encuentran ubicadas en los municipios de Santa Lucia Cotzumalguapa, La Gomera, La Democracia, Tiquisate y la Nueva Concepción, del departamento de Escuintla (Azañon, 2011).

El Ingenio La Unión cuenta con un área total de 23,367.72 ha sembradas con caña de azúcar dividida en 45 fincas, el departamento de investigación agrícola realiza sus actividades en la mayoría de estas, dependiendo de las necesidades de las investigaciones a realizar como estrato altitudinal, tipo de suelo, disponibilidad o no de riego, etc. (Azañon, 2011).

#### **1.4.6 Departamento de Investigación Agrícola**

#### **1.4.7 Lineamientos de investigación**

Los proyectos y lineamientos de investigación que se desarrollan anualmente en el Ingenio La Unión son propuestos por un comité de investigación conformado por la Superintendencia de Campo, la Superintendencia de corte, alza y cosecha (CAT) y el jefe del departamento de investigación en base a las necesidades de resolver un problema o aumentar la productividad (Azañon, 2011).

#### **1.4.8 Responsabilidad del Departamento de Investigación Agrícola**

El Departamento de Investigación Agrícola es responsable de coordinar los trabajos de investigación y de analizar y presentar información de todos los experimentos establecidos, la información obtenida de campo es procesada con programas estadísticos y hojas electrónicas. Los resultados finales son analizados por las gerencias y asesores de campo y por el mismo departamento para que las recomendaciones sean utilizadas por las fincas que presenten condiciones similares al área donde fue realizada la investigación (García, 2011).

El Departamento de Investigación se encarga de la elaboración de un documento anual con los resultados de las investigaciones realizadas (Azañón, 2011).

#### **1.4.9 Objetivos del Departamento de Investigación Agrícola**

Validar toda practica establecida o nueva que se quiera implementar en la empresa, como validar dosis de fertilizantes, herbicidas, madurantes, inhibidores de flor, suplementos, bio-estimulantes, selección de variedades actuales o de recién introducción en el país, validar nuevas operaciones de riego, evaluar operaciones de subsuelo, densidad de siembra, tamaño de semilla, uso de abonos verdes, uso de residuos de fábrica y validación de los sistemas de cosecha manual y mecánica, etc.

#### 1.4.10 Organigrama del Departamento de Investigación Agrícola



Figura 2. Organigrama del departamento de investigación Agrícola.

#### 1.4.11 Ubicación de experimentos

Los experimentos son establecidos para cubrir diferentes condiciones tales como disponibilidad o no de riego, diferentes tipos de suelo y altitudes sobre el nivel del mar, tomando como base la estratificación de zonas altitudinales. Las áreas seleccionadas son representativas de cada finca, sin accidentes geográficos que dificulten la operación de la cosecha. Los experimentos se establecen en la secuencia de labores programadas de cada finca, por lo tanto los experimentos son cosechados en el programa de la finca, esta condición facilita la cosecha y no interrumpe ninguna labor en el campo.

#### 1.4.12 Geometría de la parcela

Los experimentos se establecen en parcelas de 6 a 12 surcos con un largo de 200 a 350 m, el área de cada una puede ser de 0.25 a 0.5 ha en donde se estiman producciones comerciales de 20 a 70 toneladas por unidad experimental. El diseño de la unidad experimental está adaptado al sistema de cosecha del Ingenio, en donde los



cortadores de caña toman seis surcos a todo lo largo del lote, por esa razón las unidades experimentales están conformadas con números de surcos múltiplos de seis.

#### 1.4.13 Cosecha de experimentos

El corte de los experimentos se hace manualmente asignando seis surcos a cada cortador, la caña cortada es alzada mecánicamente a vagones que tienen capacidad de carga de 20 a 35 toneladas. Por unidad experimental de seis surcos normalmente se utiliza un vagón, el administrador de la finca se encarga de registrar el número de vagón, camión, envío y el tratamiento correspondiente del experimento, con esta información se ubica y registra la producción de la unidad experimental en el control de pesos de báscula.

#### 1.4.14 Responsables del mantenimiento de los experimentos

La responsabilidad del establecimiento, mantenimiento y cosecha de los experimentos es un trabajo en conjunto de los Jefes de zona, administradores y personal de campo ya que ellos son los encargados de velar por estas actividades (Azañón, 2011).

#### 1.4.15 Implicados en el proceso de investigación

Cuadro 1. Personal implicado en el proceso de Investigación.

#	Actividad	Responsable
1	Lineamientos	Comité de Investigación
2	Protocolo	Jefe de departamento de Investigación
3	Establecimiento	Jefe de zona y administrador
4	Mantenimiento	Jefe de zona y administrador
5	Cosecha	Jefe de zona y administrador y CAT
6	Análisis de información	Jefe de departamento de Investigación
7	Informe final	Jefe de departamento de Investigación

Fuente: Paquete tecnológico del Ingenio La Unión S.A.

#### **1.4.16 Investigación agrícola y su relación con otros departamentos.**

Ingenio La Unión tiene una política de investigación y desarrollo en la que obliga a todos los departamentos que conforman el área Agrícola a realizar investigación. Cada punto de investigación es evaluado y avalado por el comité de investigación. Cada departamento se encarga de realizar la investigación relacionada a su campo de trabajos coordinados por el departamento de investigación (Lemus, 2011).

#### **1.4.17 Convenios de investigación**

Ingenio La Unión mantiene nexos de cooperación o colaboración con CENGICAÑA. CENGICAÑA e Ingenio La Unión realizan capacitaciones a técnicos, profesionales, empleados de otras empresas, así como personas que laboran en la misma en temas de investigación como: plagas y enfermedades, variedades, riegos, administración, relaciones humanas, negocios, control de malezas, agro meteorología, etc.

#### **1.4.18 Investigaciones realizadas en Ingenio La Unión durante Zafra 2009-10**

El departamento de investigación agrícola se encarga de la elaboración de un INFORME anual con la metodología, objetivos, resultados, conclusiones y recomendaciones de las investigaciones realizadas, a continuación se encontraran las investigaciones realizadas durante la Zafra 2009-10 (Investigacion, 2010).

#### **1.4.19 Investigación del Departamento de Investigación Agrícola Zafra 2009-2010**

- Evaluación de variedades, Zafra 2009-10.
- Evaluación de inhibidor de flor en el cultivo de la caña de azúcar, 2009-10.
- Evaluación del daño del barrenador y rata en los ensayos de variedades, Zafra 2009-10.

- Evaluación de distanciamiento de siembra, en el cultivo de caña de azúcar a 1.50 y 1.75 metros entre surcos, ingenio La Unión, Zafra 2009-10.
- Evaluación de nutrientes limitantes en caña de azúcar, en las variedades Q107 Y CP72-2086, Fincas Los Tarros y Belén, Zafra 2009-10.
- Evaluación de efectos de abonos verdes en la producción de caña soca, de la variedad CP88-1165, finca Tehuantepec, Zafra 2009-10.
- Evaluación del efecto de Micorrizas en la producción de caña (TC/HA), finca Rio Azul, variedad CP88-1165, Zafra 2009-10.
- Evaluación de algaenzims como bioestimulante del cultivo de la caña de azúcar, Zafra 2009-10 (Investigación, 2010).

#### **1.4.20 Investigación del Departamento de Ingeniería Agrícola Zafra 2009-2010**

- Evaluación del efecto del número de riegos precorte, en la producción de caña de azúcar, Zafra 2009-10 (Motta, 2011).

#### **1.4.21 Investigación del Departamento de Agronomía**

- Evaluación del daño del barrenador y rata en los ensayos de variedades, Zafra 2009-10.
- Evaluación de herbicidas de efecto quemante en la producción de caña por unidad de área (TC/ha), Zafra 2009-10.
- Evaluación de diferentes dosis de Actara (Thiametoxan), para el control de la chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.) en finca la Confianza, Zafra 2009-10.
- Evaluación de diferentes dosis de cebo a base de Racumin (Coumatetralil), para el control de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*), temporada 2009-10 (Lemus J. , 2011).

## 1.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### 1.5.1 FODA del Departamento de Investigación

El cuadro 2, nos presenta los resultados finales del análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas realizadas en el departamento de investigación agrícola del Ingenio La Union S.A.

Cuadro 2. FODA del Departamento de Investigación.

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Personal técnico y administrativo capacitado para el desarrollo de las actividades.	Ser pioneros en la investigación de la industria cañera.	Personal de campo poco calificado o no calificado para obtención de muestras.	Cambios y rotación de personal de campo.
Metodología de investigación efectiva y confiable	Aumento de la necesidad de realizar investigación agrícola.	Poco personal en el departamento para abarcar todas las necesidades de investigación agrícola.	La agroindustria exige estándares de calidad de información en la investigación agrícola.
Apoyo Institucional	Convenios de trabajo y/o capacitación con instituciones externas.		
Trabajo en equipo			
Análisis de resultados disponibles para su uso a nivel de institución.			

### 1.5.2 Priorización de problemas

Cuadro 3. Matriz de priorización.

<b>Problemas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Factibilidad</b>	<b>Total</b>	<b>Importancia</b>
Personal de campo no calificado para la toma de muestras	45	25	70	2
Poco personal para realizar todas las actividades de investigación	40	30	70	2
Cambios y rotación del personal en el campo	40	30	70	2

Fuente: Entrevista jefe de departamento de Investigación.

## 1.6 CONCLUSIONES

- A. Uno de los principales problemas es la toma de muestras en las áreas experimentales ya que el personal que lo realiza no está capacitado para realizar este tipo de actividad por lo que se aumenta el error experimental de investigación.
- B. El trabajo en equipo que se realiza en Ingenio la Unión es pilar fundamental en el éxito del departamento de investigación agrícola.
- C. La metodología de trabajo utilizada por el departamento de investigación reduce la variabilidad entre parcelas ya que se hace un manejo comercial y de igual forma se reduce el error de manejo debido a su tamaño.
- D. Existe falta de personal en el departamento de investigación para realizar todas las actividades técnicas y de análisis.
- E. Seleccionar personal de campo para que se involucre en las actividades específicas de investigación como el muestreo de áreas experimentales.
- F. Realizar Capacitaciones del personal seleccionado para las actividades de investigación.
- G. Continuar con la modalidad de trabajo en la que la mayoría de departamentos trabajen en conjunto con el departamento de investigación.
- H. Hacer un análisis de los proyectos a evaluar y realizar solo los de mayor importancia para no tener una sobresaturación de trabajo.

## 1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Azañon, V. 2011a. Fincas de Ingenio La Unión, S.A. (entrevista). Guatemala, Ingenio La Unión.
2. \_\_\_\_\_. 2011b. Metodología de trabajo del departamento de investigación agrícola (entrevista). Guatemala, Ingenio la Unión.
3. García, C. 2011. Misión del departamento de investigación agrícola (entrevista). Guatemala, Ingenio la Unión.
4. Ingenio La Unión, Departamento de Investigación, GT. 2010. Resultados de investigación agrícola zafra 2009-2010. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión. p. 150.
5. Lemus, J. 2011. Relación del departamento de investigación con el departamento de agronomía (entrevista). Guatemala, Ingenio La Unión.
6. Motta, E. 2011. Relación del Departamento de Investigación con el Departamento de Ingeniería Agrícola (entrevista). Guatemala, Ingenio La Unión.





## **CAPÍTULO II**

**Uso de siete densidades de siembra de caña de azúcar (*Saccharumssp*), variedad CP 88-1165, en finca Marínala, Ingenio La Unión S.A. Escuintla, Guatemala, C.A.**

**Using seven sowing densities of sugarcane (*Saccharumssp*), CP 88-1165 variety, in Marinalá farm, Ingenio La Unión, S.A., Escuintla, Guatemala, C.A.**



## 2.1 PRESENTACIÓN

La agroindustria azucarera Guatemalteca ha crecido permanentemente desde 1960, hasta llegar a ubicar a Guatemala como el quinto país exportador de azúcar a nivel mundial y el tercer lugar en productividad (toneladas métricas de azúcar/ha) a nivel mundial. El azúcar es el segundo producto agrícola en Guatemala en generación de divisas después del café, constituyéndose en una importante contribución a la economía nacional (Meneses & Melgar, 2010).

Debido a la importancia que representa la caña de azúcar, existe un proceso constante de investigación buscando implementar nueva tecnología que permita ser más eficiente en la explotación de este cultivo.

La densidad de siembra de caña de azúcar se ha venido convirtiendo en un tema de interés en la agroindustria, ya que las posibles reducciones o aumento en la cantidad de semilla a utilizar pueden repercutir significativamente en los costos de producción de azúcar, bajo las condiciones de manejo de semilleros convencionales de la agroindustria azucarera de Guatemala. El potencial de impacto en aumentar o disminuir la distancia de estaquillado en la siembra del cultivo de caña se basa en el área de renovación anual del ingenio, la cual es alrededor del 20% del área de cultivo (Orozco & Azañon, 2000). Ingenio La Unión cuenta con 23,000 ha de cultivo por lo que anualmente se renuevan 4,600 ha (20% del área), donde la cantidad de semilla para cubrir esa área es de 46,000 toneladas. Desde el punto de vista económico la semilla es un insumo de alto valor Q 440/Ton; con esta cifra se estima que el Ingenio La Unión invierte anualmente Q 20.2 millones en semilla sin incluir costos de corte, alza, transporte (García, 2011).

Con base a lo anterior se estructuró el presente trabajo de investigación el cual consistió en la evaluación de 7 densidades de siembra incluyendo el testigo comercial (9 m de estaquillado sobre el surco) con el objetivo de identificar la densidad que presenta mayor rentabilidad.

El ensayo se realizó en la finca Marínala perteneciente a las áreas del estrato bajo de la zona cañera, la variedad utilizada fue la CP88-1165.

Los resultados obtenidos a través de las evaluaciones agronómicas y el análisis económico permite determinar que se puede disminuir la densidad de siembra que se utiliza actualmente ya que de esta forma se disminuyen costos de producción, se aumenta la rentabilidad de la actividad y se reduce el área utilizada para producción de semilla la cual que se convierte en área productiva.

## 2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La semilla constituye un factor de la producción que es determinante para alcanzar el éxito técnico y económico de una plantación comercial de caña de azúcar. Dicho factor está influenciado no solo por la calidad del material que se utilice en la siembra sino también, por la cantidad de esquejes de semilla que se distribuyan en el surco. Ambos elementos influyen directamente en favorecer una adecuada germinación, rebrote, población de tallos y consecuentemente sobre el rendimiento productivo agroindustrial de una explotación cañera.

El costo que la semilla tiene en la actualidad, representa un rubro que consume aproximadamente el 20 % de los costos totales de establecimiento de una hectárea de caña de azúcar, lo cual tiene especial importancia desde el punto de vista económico (García, 2011). La cantidad de semilla que se utiliza en la siembra, está directamente relacionada con la densidad que se determine utilizar, de manera que su optimización implica menores costos y aumenta la rentabilidad de la actividad, por lo que el concepto de densidad de siembra tiene una relevancia importante (Calderon, 2003).

Se tiene la falsa creencia de que utilizando altas cantidades de semilla, se asegura una buena germinación, como una alta población de tallos molederos que al final le permiten obtener una buena cosecha y obtener una alta rentabilidad, sin tomar en cuenta los criterios de costos de producción, la capacidad de la caña de formar cepa, y el hecho de que las altas poblaciones de tallos luego de ocurrida la germinación generan competencia por luz, agua, espacio y nutrimentos, dándose por ello una regulación natural de tallos por metro lineal, por lo que la industria cañera tiene la necesidad de determinar, ¿Qué densidad de siembra tiene mayor productividad y cuál presenta la rentabilidad más atractiva?

## **2.3 MARCO TEÓRICO**

### **2.3.1 Caña de azúcar**

La caña de azúcar es una gramínea tropical, tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura, con 5 ó 6 cm de diámetro. El tallo acumula un jugo rico en sacarosa, que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis con hojas que llegan a alcanzar de dos a cuatro metros de longitud (GEPLACEA, 1990).

Con relación al clima la temperatura, la humedad y la luminosidad, son los principales factores que controlan el desarrollo de la caña. Es indispensable también proporcionar una adecuada cantidad de agua a la caña durante su desarrollo, para que permita la absorción, transporte y asimilación de los nutrientes (GEPLACEA, 1990).

### **2.3.2 Fases del ciclo del cultivo**

#### **A. Fase de Germinación y Establecimiento**

La fase de germinación se extiende desde el trasplante hasta la completa germinación de las yemas, bajo condiciones de campo la germinación comienza a los 7-10 días y se extiende hasta los 30-35 días.

En la caña de azúcar la germinación implica una activación y consiguiente brotación de las yemas vegetativas, la germinación de las yemas es influenciada por factores externos e internos, los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo y los internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional, la temperatura óptima para la brotación es de alrededor de 28-30°C. La temperatura mínima para la germinación es de 12°C ya que la germinación produce una mayor respiración es importante tener una buena aireación del suelo.

## **B. Fase de Ahijamiento**

La fase de ahijamiento comienza alrededor de los 40 días después de la plantación y puede extenderse hasta los 120 días.

El ahijamiento es el proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario. El ahijamiento le da al cultivo un número adecuado de tallos, que permitan obtener un buen rendimiento.

Diversos factores, tales como la variedad, la luz, la temperatura, el riego (humedad del suelo) y las prácticas de fertilización afectan el ahijamiento.

La luz es el factor externo más importante que afecta el ahijamiento. La incidencia de una iluminación adecuada en la base de la planta de caña durante el período de ahijamiento es de vital importancia. Una temperatura cercana a 30°C es considerada como óptima para el ahijamiento. Temperaturas inferiores a 20°C retardan el ahijamiento.

Los hijuelos o retoños que se forman primero dan origen a tallos más gruesos y pesados. Los retoños formados más tarde en la temporada mueren o se quedan cortos o inmaduros.

A los 90-120 días después de la plantación se alcanza la población máxima de retoños. A los 150-180 días, por lo menos el 50% de los tallos mueren y se determina la población final de tallos.

### **C. Fase del Gran Crecimiento**

La fase del gran crecimiento comienza a los 120 días después de la plantación y se extiende hasta los 270 días, en un cultivo de 12 meses de duración. Durante la primera etapa de esta fase ocurre la estabilización de los retoños.

Esta es la fase más importante del cultivo, en la que se determinan la formación y elongación real de la caña y su rendimiento.

En esta fase ocurre una formación frecuente y rápida de hojas, alcanzando un Índice de Área Foliar (IAF) de 6-7. Bajo condiciones favorables los tallos crecen rápidamente, formando de 4-5 nudos por mes.

El riego y la presencia de condiciones climáticas de calor, humedad y soleamiento favorecen una mayor elongación de la caña. El estrés hídrico reduce la longitud internodal. Temperaturas sobre 30°C, con humedad cercana al 80%, son más adecuadas para un buen crecimiento.

### **D. Fase de Maduración**

La fase de maduración dura cerca de 3 meses, comenzando a los 270 -360 días. Durante esta fase ocurre la síntesis de azúcar, con una rápida acumulación de azúcar y el crecimiento vegetativo disminuye.

A medida que avanza la maduración, los azúcares simples (monosacáridos, como fructosa y glucosa) son convertidos en azúcar de caña (sacarosa, que es disacárido).

La maduración de la caña ocurre desde la base hacia el ápice y por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta.



Condiciones de abundante luminosidad, cielos claros, noches frescas y días calurosos (es decir, con mayor variación diaria de temperatura) y climas secos son altamente estimulantes para la maduración (Subiros, 1995).

### **2.3.3 Propagación de la caña de azúcar**

La caña se propaga comercialmente mediante la plantación de trozos de caña, de cada nudo sale una planta nueva idéntica a la original; una vez plantada la planta crece y acumula azúcar en su tallo, el cual se corta cuando está maduro. La planta retoña varias veces y puede seguir siendo cosechada. Estos cortes sucesivos se llaman "zafras". La planta se deteriora con el tiempo y por el uso de la maquinaria que pisa las raíces, así que se debe replantar cada 5 años (GEPLACEA, 1990).

### **2.3.4 Esquejes**

Los esquejes son trozos o partes de tallos cortados, utilizados para la reproducción vegetativa, al introducirlos al suelo, estos retoñan y enraízan naciendo una planta nueva (García, 2011).

Los esquejes utilizados para la reproducción de caña de azúcar tienen 60 cm de largo con un promedio de 3 a 4 yemas dependiendo de la variedad (García, 2011).

### **2.3.5 Yemas**

En botánica la yema es un órgano complejo de los vegetales que se forma habitualmente en la axila de las hojas formado por un meristemo apical, (células con capacidad de división), a modo de botón escamoso (catafilos) que darán lugar a hojas, tallos y flores (García, 2011).

### **2.3.6 Maletines o paquetes**

El sistema de siembra utilizado en Guatemala fue adoptado del utilizado en Colombia, este sistema de siembra es mediante el uso de maletines, cada maletín contiene 30 esquejes de 60 cm y cada sembrador tiene una cantidad de maletines asignados para la siembra (García, 2011).

### **2.3.7 Distanciamiento de siembra**

El distanciamiento de siembra o distanciamiento entre surcos utilizado actualmente en la industria cañera Guatemalteca es de 1.5 m y en algunas áreas el distanciamiento es de 1.75 m entre surcos, principalmente en suelos francos y franco arenosos con riego con el fin de evitar el pisoteo de la macolla por el paso de la maquinaria (Unión, 2009-2010).

### **2.3.8 Densidad de siembra**

La densidad de siembra es la cantidad de semilla por unidad de área utilizada para la siembra de un cultivo agrícola. La densidad de siembra en caña de azúcar está determinada por el distanciamiento de estaquillado sobre el surco, que es la distancia en la que se deben dejar 30 esquejes con un promedio de 4 yemas la densidad (distancia de estaquillado) utilizada actualmente es de 9 metros, equivalente a decir que en 9 metros se colocan 30 esquejes (García, 2011).

### **2.3.9 Siembra de caña de azúcar**

Se recomienda que la siembra se realice de norte a sur para lograr una mayor captación de luz solar. El material de siembra debe ser de preferencia de cultivos sanos y vigorosos, con una edad de seis a nueve meses, se recomienda utilizar la parte media del tallo, se deben utilizar preferentemente esquejes con 3 yemas, El tapado de la semilla se

puede realizar de tres formas: manualmente utilizando azadón, con tracción animal, y mecánicamente.

La profundidad de siembra oscila entre 20 a 25 cm, con una distancia entre surco de 1.50 a 1.75 m. La semilla debe de quedar cubierta con 5 cm de suelo, una capa más gruesa retrasa la emergencia y a menudo ocasiona la mortalidad de la semilla, el espesor de la tierra que se aplica para tapar la semilla no sólo influencia la germinación y el establecimiento de la población, sino también el desarrollo temprano de las plantas de caña (Flores, 1976).

Existen diferentes modalidades de siembra como son cadena simple, y simple traslapada, cadena doble simple y doble traslapada. Se recomienda utilizar cadena simple traslapada, con el objetivo de evitar las altas densidades poblacionales, reduciendo así la competencia por el agua y los nutrientes del suelo (Flores, 1976).

### **2.3.10 Tipos de siembra**

#### **A. Siembra Manual**

Consiste en sembrar a mano esquejes de caña y transportarlos en forma de paquetes desde los semilleros hasta los surcos. La fertilización también es manual y se realiza inmediatamente después de colocar los esquejes en el fondo del surco y antes del tapado manual de la semilla. Con este método se utiliza menos semilla y facilita el control de la pureza varietal (Flores, 1976).

#### **B. Siembra Mecanizada**

Es una modalidad de siembra que se hace con una máquina cuyo diseño permite realizar, en una sola operación, las labores de surcado, fertilizado y tapado de la semilla. Con este proceso se utiliza menos personal para el cargado y distribución de la caña

paqueteada. Este método optimiza el tiempo de trabajo y el uso de la mano de obra (Flores, 1976).

### **2.3.11 Modalidades de siembra**

#### **A. Cadena simple**

Modalidad de siembra utilizada en caña de azúcar en la que se coloca un solo esqueje al fondo del surco, esta puede ser cadena simple o cadena simple traslapada (Barrios, 2011).

#### **B. Cadena doble**

Modalidad de siembra utilizada en caña de azúcar en la que se colocan dos esquejes juntos al fondo del surco esta puede ser cadena doble simple o cadena doble traslapada (Barrios, 2011).

### **2.3.12 Resiembra**

Esta labor consiste en inspeccionar el campo para localizar espacios sin caña entre mata y mata con el fin de determinar si es necesaria la resiembra y seleccionar que método utilizar.

Donde las fallas corresponden a espacios entre dos a seis metros distribuidos en forma dispersa, se utiliza la resiembra semi- mecanizada. Si los espacios sin caña son grandes como los que se observan en áreas arenosas o daño de madurante, debe utilizarse el método convencional. Esta actividad se realiza 20 a 40 días después del corte.

### **2.3.13 Caña plantía**

Se llama caña plantía o planta al primer brote de yemas después de realizada una renovación es decir un lote de caña recién sembrado ya que al rebrote en segundo año se llama caña soca y así sucesivamente hasta una nueva renovación del cultivo (Barrios, 2011).

### **2.3.14 Semilleros**

En el establecimiento de un cultivo de caña de azúcar, la calidad de la semilla es de gran importancia en el desarrollo posterior del cultivo y en su producción final.

Para obtener semilla de buena calidad se deben establecer campos dedicados exclusivamente para este fin, manejados con prácticas adecuadas para garantizar la buena calidad del material de siembra. El área de semilleros debe ser, aproximadamente la décima parte del área que se planea renovar cada año en las plantaciones comerciales.

La época del cultivo comercial determina el momento para el establecimiento del semillero. En el plan de renovación anual de las plantaciones comerciales es necesario considerar dos tipos de semilleros: básicos y comercial (Victoria & Calderón, 1995).

#### **A. Semilleros básicos.**

El semillero básico es la fuente del material para la siembra de semilleros comerciales. El semillero básico se establece con material seleccionado de lotes comerciales. El establecimiento de semilleros básicos se hace con material vegetativo tratado hidrotérmicamente, para eliminar presencia de patógenos que estén produciendo infección sistémica.

La época de establecimiento de los semilleros básicos es en Agosto y Septiembre para las renovaciones de verano y en Diciembre para las renovaciones de invierno. La

edad de corte de la semilla para el establecimiento de semilleros básicos es de 6 a 9 meses. El tamaño de los micro esquejes depende de la variedad y el corte se realiza al centro de cada entrenudo con la maquina cortadora de yemas (Victoria & Calderón, 1995).

## **B. Semillero Comercial**

El semillero comercial se establece con material proveniente de la plantía o de primera soca de un semillero básico. El área es por lo menos 10 veces mayor a la del semillero básico, aunque en este caso no es necesario tratar de forma térmica el material.

Los semilleros comerciales se establecen en los meses de abril y Mayo para las renovaciones de verano y 0en Agosto para las renovaciones de invierno. La semilla debe de tener como m0ínimo 98 % de pureza varietal. El corte se realiza 1 o 2 días antes de la siembra en semilleros que tengan 6 a 9 meses de edad, se hacen paquetes de 30 esquejes con 60 cm de largo cada uno y que tengan de 3 a 5 yemas (Victoria & Calderón, 1995).

### **2.3.15 Tratamiento Hidro-térmico**

El material de siembra para el establecimiento de los semilleros básicos se debe tratar en forma térmica para evitar la diseminación de enfermedades. Entre los sistemas más comúnmente empleados se encuentran: aire caliente a 54 C, durante 8 horas; vapor aireado a 54 C, durante 4 horas; y agua caliente a 50 C, durante 2 horas.

Este último sistema es el más efectivo en el control del raquitismo de la soca, enfermedad que afecta la germinación de las yemas en algunas variedades.

Se hace en cámaras especiales y consiste en un tratamiento previo de la semilla en agua a 50 C durante 10 minutos, seguido de un periodo de reposo de 8 a 12 horas en temperatura ambiente, y de nuevo tratamiento en agua a una temperatura de 51 C durante una hora (Victoria & Calderón, 1995).

## 2.4 MARCO REFERENCIAL

### 2.4.1 Localización del área experimental

Finca Marínala se ubica en las coordenadas  $14^{\circ} 7' 34.8''$  latitud Norte y  $91^{\circ} 7' 45.9''$  latitud Oeste tiene una extensión de 424.41 ha, se encuentra a una altura de 24 msnm, en el Municipio de la Gomera, del Departamento de Escuintla, Guatemala (Villatoro, Pérez, Suarez, & Ufer, 2010).

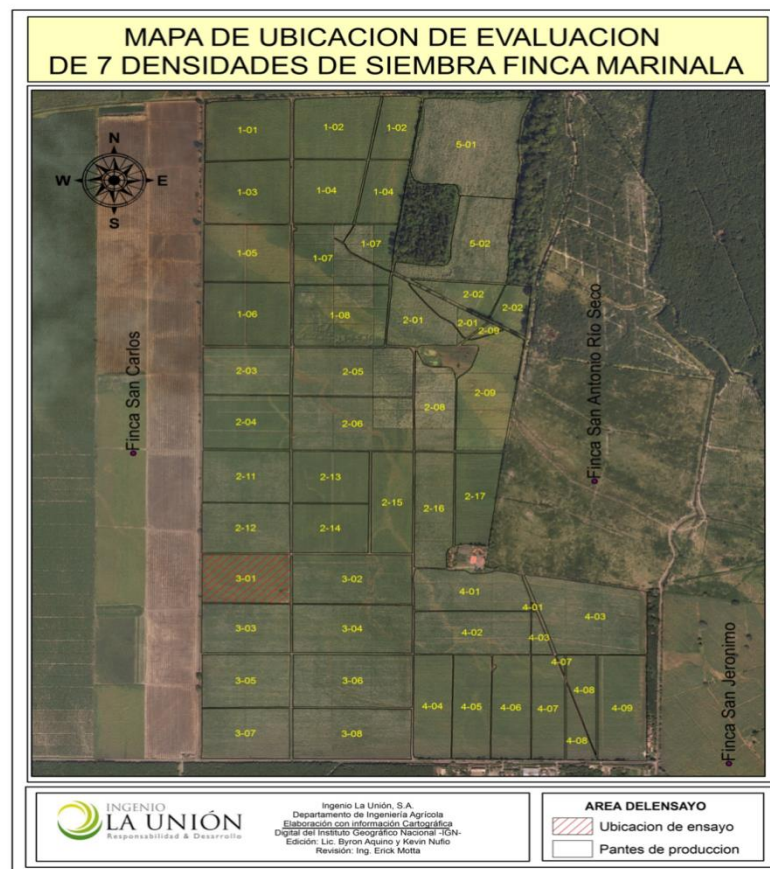


Figura 3. Ubicación del Ensayo.

## **2.4.2 Temperatura**

La temperatura media anual oscila entre 26 y 30 grados centígrados, con una mínima de 21 °C y una máxima de 37 °C (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, 2009).

## **2.4.3 Precipitación pluvial**

La precipitación pluvial ocurre generalmente desde los meses de mayo a octubre, y en promedio anual llueven alrededor de 1,734.91 milímetros (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, 2009).

## **2.4.4 Zona de vida**

Según el sistema de clasificación de R. L. Holdrige el área de estudio se encuentra en la zona de vida, Bosque muy húmedo Subtropical cálido “bmh-S(c)” (Ministerio de Agricultura, 2000).

## **2.4.5 Condiciones edáficas**

A. Suelos Molisoles

### **a) Características generales**

Son suelos minerales con estado de desarrollo incipiente, joven o maduro. Con un horizonte superficial (epipedón móllico) de color oscuro, rico en humus, bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla pluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cambico cargado de arcilla); de poco profundos a muy profundos, fertilidad de baja a alta; desarrollados de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, acidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas (Simmons, Tárano T, & Pinto Zúñiga, 1959).



**b) Drenaje**

El drenaje interno de estos suelos es de muy pobre a bien drenado, el nivel freático se encuentra bastante superficial durante la estación lluviosa en algunas áreas (Soto & Orozco, 1997).

**c) Características Morfológicas**

Las características de estos suelos son texturas del suelo y subsuelo de franco arenoso a franco arcilloso y arcilloso, con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y pardo oscuro; son poco profundos a muy profundos (60 a >120 cm), en algunas áreas se encuentra una o varias capas de talpetate de diferentes colores y grados de cementación, a diferentes profundidades, otros poseen piedras entre la superficie y gravas en el perfil (Simmons, Tárano T, & Pinto Zúñiga, 1959).

**d) Características Químicas**

El contenido de materia orgánica es de muy bajo a alto, el PH es de muy fuerte ácido a muy fuerte alcalino, la CIC es de bajo a alto y el porcentaje de saturación de bases es de bajo a alto (Simmons, Tárano T, & Pinto Zúñiga, 1959).

**e) Grupo de similar manejo de la caña de azúcar Ingenio La Unión S.A.**

Por motivos de manejo interno Ingenio La Unión realizó una configuración de grupos de similar manejo agronómico de acuerdo a suelo- estrato altitudinal, pendiente y pedregosidad. El suelo de la finca Marínala está clasificado dentro del grupo 11 llamado Monte Alegre (Barrios, 2011). Las características generales que presenta los suelos del grupo Monte Alegre son: suelos franco arenosos, caracterizados por tener alto porcentaje de vetas de arena, pendiente menor al 10%( predomina molisol y menor porcentaje el entisol) y son suelos de mediana a alta producción (Barrios, 2011).

## **2.4.6 Variedad de caña de azúcar utilizada en el ensayo**

### **A. Variedad CP 88-1165**

Nomenclatura de la variedad:

- CP Canal Point (Florida)
- 88 Año de selección
- 1165 Número correlativo de selección
- Progenitores CL 61-620 X CP 81-1302

#### **a) Características Morfológicas**

La planta es de regular deshoje natural, su hábito de crecimiento es de tallos semirrectos, su follaje es escaso; el entrenudo es de color rojizo. Su forma de crecimiento es curvado ligeramente en zigzag, posee una canal en el lado de la yema, la yema es ovalada con alas, su anillo de crecimiento es semi-liso; la vaina es de regular desprendimiento de color verde con manchas moradas y rojas. Poca presencia de afate; la lámina foliar tiene un borde semi-liso; la aurícula tiene la forma lanceolada larga y corta en la misma vaina su lígula es creciente lineal; el cuello es de color verde oscuro; su superficie es lisa. La mayoría de las vainas se concentran en un solo lado (Orozco, Catalán, Castro, & Queme, 2004).

#### **b) Características agronómicas**

Esta es una variedad que se adecua para el estrato medio y bajo, posee un 33 por ciento de floración en el estrato medio y cero por ciento en el estrato bajo, su contenido de corcho es de 17 por ciento para el estrato medio y 8 por ciento para el estrato bajo su contenido de fibra es de 11.5 por ciento, la mayoría de las vainas se concentran a un solo lado, puede presentar síntomas de amarillamiento foliar (Orozco, Catalán, Castro, & Queme, 2004).

## **2.5 OBJETIVOS**

### **2.5.1 Objetivo general**

Evaluar el uso de 7 densidades de siembra (Estaquillado sobre el surco) con el fin de identificar la que presenta mayor rentabilidad.

### **2.5.2 Objetivos específicos**

- A. Determinar si existe diferencia significativa en los componentes de rendimiento de caña (Población, altura de tallo, diámetro de tallo) entre tratamientos.
- B. Identificar la densidad de siembra (Estaquillado sobre el surco) que presenta la mayor productividad. (Ton de caña/ha).
- C. Establecer y analizar la densidad de siembra que presenta la mayor rentabilidad.

## 2.6 METODOLOGÍA

### 2.6.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar con 3 repeticiones y 7 tratamientos obteniendo un total de 21 unidades experimentales. El experimento fue montado de manera semi-comercial, donde cada unidad experimental fue formada por 6 surcos con una distancia de 1.5 m entre sí, y una longitud de 350 m.

### 2.6.2 Tratamientos evaluados

Cuadro 4. Tratamientos evaluados.

Trat	Estaquillado sobre el surco (m)	No. de esquejes por (m)	No. de yemas (m/lineal)
1	6	5	20
2	7	4.2	17
3	8	3.8	15
4	9 ( Testigo)	3.3	13
5	10	3	12
6	11	2.7	11
7	12	2.5	10

### 2.6.3 Croquis del ensayo

#### Finca Marínala, Lote 3.01

Fecha de siembra:																							N →	
		12/03/2011							11/03/2011							10/03/2011								
		REP III							REP II							REP I								
BORDE COMERCIAL		3	2	1	5	6	4	7	4	2	1	3	5	7	6	1	7	6	5	4	3	2	BORDE DE 12 SURCOS + SURCO MUERTO	

Figura 4. Croquis del ensayo.

### 2.6.4 Descripción de las variables

#### A. Diámetro de tallos (mm)

El muestreo se realizó a los 8 meses de edad del cultivo, en el surco central de cada unidad experimental. Para evaluar esta variable, se tomaron 2 sub-muestras por cada unidad experimental, el punto (A) 75 m y el punto (B) 150 m dentro del surco, en cada punto se seleccionaron 5 tallos al azar y se midió con la ayuda de un vernier (Figura 8A y Figura 9A) a una altura de 1 metro el diámetro de cada tallo obteniendo el resultado en milímetros.

#### B. Altura de tallo (m)

El muestreo se realizó a los 8 meses de edad del cultivo. La metodología para determinar el punto de muestreo fue la misma que se utilizó en el muestreo de diámetro de tallos, midiendo la misma cantidad y los mismos tallos a los que se midieron el diámetro.

Para medir la altura se utilizó una cinta métrica midiendo el tallo desde la base hasta la última lígula visible obteniendo la altura de tallo en metros.

### **C. Población de caña de azúcar. (Número de tallos/ metro lineal)**

Este muestreo se realizó a los 8 meses de edad del cultivo, ya que la cantidad de tallos existentes a esa edad son considerados como los que llegaran a molienda. Para evaluar esta variable se tomaron dos sub-muestras por cada unidad experimental, el punto (A) 75 m y el punto (B) 150 m dentro del surco, cada punto de muestreo constó de 10 metros lineales donde se realizó el conteo de tallos molederos.(Figura 10A y Figura 11A).

### **D. Producción de caña de azúcar. (Ton/ha)**

La producción de caña de azúcar se evaluó en toneladas por hectárea, esta medida se obtuvo luego de la cosecha del ensayo; la cosecha del ensayo se realizó por el sistema corte manual, chorra continua y alce mecánico. Cada chorra representa una unidad experimental que fue plenamente identificada para evitar confusiones a la hora del transporte, toda la caña obtenida de una unidad experimental se transportó en jaulas distintas de esta manera se aseguró un dato correcto y exacto a la hora de ser pesado en bascula.

### **2.6.5 Rentabilidad de tratamientos. (Q)**

El análisis de la rentabilidad fue evaluado mediante un análisis de presupuesto parcial. Mediante este análisis se determinó que tratamiento presenta la rentabilidad más atractiva (Pérez, 1997).

### **2.6.6 Manejo del experimento**

### **2.6.7 Obtención de materiales**

#### **A. Semilla**

La semilla utilizada en el ensayo fue obtenida de un semillero comercial ubicados en la finca Marínala, la semilla de los semilleros comerciales provienen a su vez de semilleros básicos que fueron tratados con tratamiento hidro-termico para diseminar el contagio de enfermedades en especial el raquitismo de las socas.

La semilla fue bien seleccionada, cada esqueje tuvo una medida de 60 cm lo que hacen un promedio de 4 yemas por esqueje.

#### **B. Estaquillado**

El estaquillado se realizó conforme quedaron distribuidos los tratamientos en la aleatorización en base a esto se calculó la cantidad de tramos a realizar por surco y la cantidad de semilla a utilizar.

#### **C. Siembra**

La siembra se realizó de forma manual por medio del uso del sistema de paquetes, cada paquete está conformado por 30 esquejes de 60 cm cada uno, y cada esqueje tenía un promedio de 4 yemas. La siembra se hizo en los surcos dejando la totalidad de un paquete (30 esquejes) entre estacas (tramos) anteriormente colocadas en base a cada tratamiento previamente establecido.

### **2.6.8 Influencia del manejo agronómico en el ensayo**

El mantenimiento y manejo agronómico del ensayo estuvo a cargo del administrador y personal de la finca Marínala, el manejo fue el mismo que se utilizó para el resto de caña plantía o renovaciones de la finca, con el fin de realizar un manejo lo más cercano al manejo comercial y obtener resultados reales y confiables.

#### **A. Resiembra**

Esta fue la única actividad del manejo agronómico que se realizó a las plantaciones comerciales y que no se realizó en el ensayo, debido a que podía influir en las variables evaluadas.

#### **B. Fertilización**

Ya que el ensayo fue una siembra nueva o de renovación, la dosis a utilizar fue la recomendada por el departamento de investigación agrícola para caña plantía (2.87 qq de Urea/Ha). El método de fertilización utilizado fue el de fertilización mecánica, el lote presenta un relieve regular y libre de piedras que le permitió al tractor desplazarse adecuadamente, realizando la actividad a los 50 dds, antes que el tamaño de la caña fuera mayor que el despeje del tractor. Por lo que se considera que el daño al cultivo en esta actividad fue mínimo por lo que no tuvo una intervención significativa en el ensayo y por consiguiente en los resultados.

#### **C. Riego**

El sistema de riego que se utilizó en el lote donde se ubicó el ensayo fue riego por aspersión tipo cañón. El lote del ensayo tuvo 2 riegos de germinación y 4 riegos pos-cosecha. Se encargó al personal de riego que tuviera el debido cuidado al colocar el equipo para dañar lo menos posible los tallos emergidos principalmente en la etapa de



emergencia del cultivo ya que fue en este momento donde pudo influir en los resultados del ensayo esta actividad.

#### D. Control de malezas

El control de malezas se hizo de manera comercial, primero un pre-emergente al cultivo 2 dds utilizando la mezcla 2 y luego 50 dds el post-emergente utilizando la mezcla 4 (Cuadro 5) del paquete tecnológico del cultivo de la caña de azúcar del Ingenio La Unión.

Cuadro 5. Mezcla 2 y Mezcla 4 de herbicida Ingenio La Union, S.A.

<b>Mezcla 2</b>		
Producto	Unidad de medida	Dosis/Ha)
Gesapax 40	Kilos	1.45
Harness 90	Litros	3
<b>Mezcla 4</b>		
Producto	Unidad de medida	Dosis/Ha)
Velpar 75	Kilos	0.55
Karmex 80	Kilos	1.43

### **2.6.9 Análisis de resultados**

De acuerdo al diseño se realizó un análisis de varianza con 95% de confiabilidad, utilizando el paquete estadístico (InfoStat®) para los componentes de rendimiento de caña: diámetro de tallo (mm), altura de tallo (m), población de tallos (tallos/m lineal) y para la variable producción de caña (TC/ha).

Para las variables analizadas estadísticamente que presentaron diferencia significativa se efectuó una prueba de medias Tukey con 5% de significancia (InfoStat®).

Finalmente se realizó un análisis de presupuesto parcial en el que se incluyeron los costos de producción de los distintos tratamientos con el que se determinó el beneficio neto de cada tratamiento y de esta forma identificar el tratamiento que presenta la rentabilidad más atractiva.

## 2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en la evaluación agronómica del uso de 7 densidades de siembra en el cultivo de caña de azúcar, variedad CP 88-1165 realizada en Finca Marínala que se encuentra bajo administración del Ingenio La Unión, durante el periodo de marzo de 2011 a febrero de 2012.

Los resultados obtenidos se analizaron en el orden siguiente: en primer lugar se presentan el análisis de los principales componentes de producción de caña (Tonelaje) cuyos indicadores fueron población, altura y diámetro de tallo; seguidamente se analizan los resultados de producción (TC/ha), y por último se muestra el análisis de presupuesto parcial para establecer la rentabilidad de los tratamientos.

### 2.7.1 Componentes de producción de caña

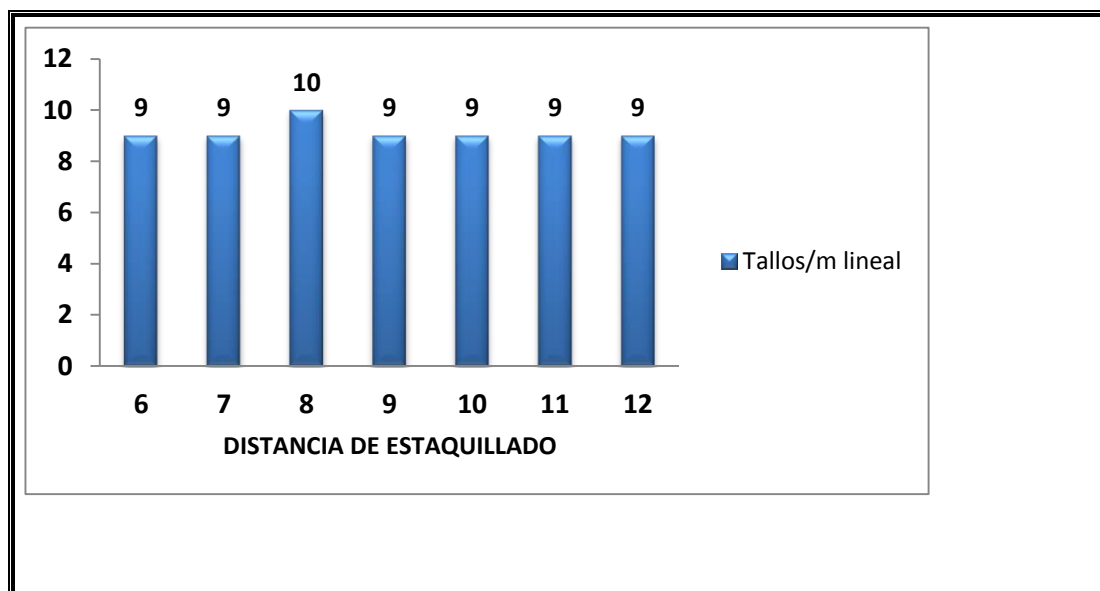


Figura 5. Población promedio de tallos/m lineal según tratamiento.

Cuadro 6. Análisis de varianza población tallos por metro lineal.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
TALLOS/METRO LINEAL	21	0.48	0.14	3.65	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.24	8	0.15	1.39	0.2917
TRATAMIENTO	1.24	6	0.21	1.86	0.1702
BLOQUE	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
Error	1.33	12	0.11		
Total	2.57	20			

La figura 5 y el cuadro 6 muestran que aunque el tratamiento 3 (8 m) presenta mayor población de tallos por metro lineal no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Este resultado es interesante ya que contradice la creencia de que con altas densidades de semilla se asegura una alta población de tallos. Según, (Orozco, Soto, & Ovalle, Semilleros de caña de azúcar de alta calidad para la agroindustria azucarera de Guatemala, 1998) la caña de azúcar es una planta que autorregula su población; Al terminar la fase de germinación y establecimiento (40 días después de la plantación) el cultivo entra en la fase de ahijamiento, que es el proceso fisiológico de ramificación subterránea que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario, los hijuelos que se forman primero dan origen a tallos más gruesos y pesados, los retoños formados más tarde en la temporada mueren o se quedan cortos o inmaduros, a los 180-210 días, por lo menos el 50% de los tallos mueren y se determina la población final de tallos molederos.

Según (Orozco, Catalán, Castro, & Queme, 2004), aunque se formen entre 6-8 retoños de una yema, solo 1.5 a 2 retoños por yema llegan a formar cañas. Esta autorregulación ocurre por la competencia por luz, agua, espacio y nutrientes que ocurre entre la población de tallos sobreviviendo solo los más fuertes y vigorosos.

Esto permite percibir que el comportamiento de la población de una plantación de caña de azúcar no está influenciado solo por la cantidad de semilla sino también por la calidad de esta, ya que un mayor porcentaje de germinación conlleva a una mayor emergencia de tallos con oportunidad de sobrevivencia.

## 2.7.2 Diámetro y altura de tallo

Tanto el diámetro de tallo como su altura son componentes del tonelaje de un lote de caña, según ANDEVA (cuadro 7 y cuadro 8) no existe diferencia significativa entre tratamientos en ninguna de las dos variables. Según el catálogo de variedades realizado por CENGICAÑA, (Azañon, Portocarrero, & Solares, 2004-2005), la variedad CP 88-1165 se caracteriza por tener un crecimiento vertical en zigzag con un promedio de altura de 2.3 – 2.5 m. y un diámetro de tallo de 29 mm – 30 mm datos similares a los obtenidos en el estudio.

A pesar de lo citado anteriormente es posible observar que existe un incremento del diámetro conforme se aumenta la distancia de estaquillado, similares resultados obtenidos por (Azañon, Portocarrero, & Solares, 2004-2005), en estudios realizados con la variedad CP 72 – 2086. Una de las ventajas de la disminución de altura e incremento de diámetro es la disminución del acame.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
DIAMETRO TALLO (mm)	21	0.68	0.46	2.16	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10.77	8	1.35	3.15	0.0364
TRATAMIENTO	7.02	6	1.17	2.73	0.0652
BLOQUE	3.75	2	1.87	4.38	0.0373
Error	5.14	12	0.43		
Total	18.91	20			

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable altura de tallo.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
TALLOS/METRO LINEAL	21	0.48	0.14	3.65	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.24	8	0.15	1.39	0.2917
TRATAMIENTO	1.24	6	0.21	1.86	0.1702
BLOQUE	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
Error	1.33	12	0.11		
Total	2.57	20			

### 2.7.3 Producción de caña (TCH)

En la figura 6 se muestran las toneladas de caña por hectárea obtenidas conforme a los tratamientos estudiados.

Según el ANDEVA (Cuadro 9) realizado para esta variable existe diferencia significativa entre tratamientos. La prueba de medias de Tukey (Cuadro 10) demuestra que los valores de TCH que estadísticamente mostraron diferencia significativa entre sí fueron los estaquillados a 6 y 7 m (Grupo B) y 12 m (Grupo A) (Figura 4) obteniendo valores de producción de caña de 139, 138 y 126 TCH respectivamente.

Según un estudio realizado por (O, Hernández, B, & E., 2005), sobre la correlación entre los componentes de producción en las variedades comerciales de Guatemala, determinan que la población tiene la correlación más significativa con respecto al tonelaje, seguida de la altura, obteniendo una menor correlación el diámetro de tallo.

En base a los resultados obtenidos podemos observar que los tratamientos 1 y 2 (estaquillado 6 y 7 m) tiene un mayor promedio de tallos por metro lineal (9.3 tallos) que el tratamiento 7 (estaquillado 12m) (9 tallos) y también presenta un mayor promedio de

altura de tallo 2.5 m y 2.2 m respectivamente lo que pudo influir en la diferencia de producción de caña.

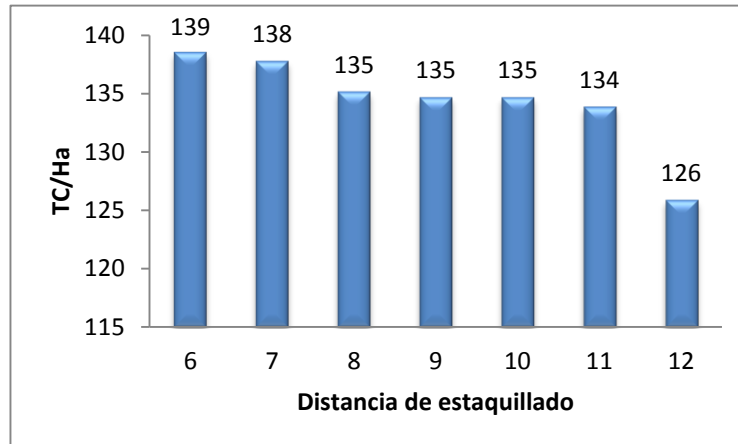


Figura 6. Producción de caña TCH según tratamiento.

Cuadro 9. Análisis de varianza variable de producción TCH.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
TC/HA	21	0.72	0.54	2.81	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	443.43	8	55.43	3.88	0.0175
TRATAMIENTO	301.62	6	50.27	3.52	0.0303
BLOQUE	141.81	2	70.90	4.96	0.0269
Error	171.52	12	14.29		
Total	614.95	20			

Cuadro 10. Prueba de medias de Tukey.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.80390					
Error: 14.2937 gl: 12					
TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
12 Metros	126.00	3	2.18	A	
11 Metros	134.00	3	2.18	A	B
10 Metros	134.00	3	2.18	A	B
9 Metros	135.00	3	2.18	A	B
8 Metros	135.33	3	2.18	A	B
7 Metros	138.00	3	2.18	B	
6 Metros	138.33	3	2.18	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

## 2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

Desde el punto de vista económico es necesario enfatizar que los costos que varían- CV, que incluyen, el valor de la semilla, valor de corte, alce, transporte, distribución de la semilla en campo y el costo de oportunidad del uso de recurso tierra para semillero disminuyen a menudo que aumenta la distancia de estaquillado, lo cual implica una disminución en los costos de producción, pero de acuerdo con el estudio esta práctica también da como resultados decrementos del tonelaje. Por lo que mediante un análisis de presupuesto parcial se establecieron valores de beneficio neto – BN para cada tratamiento en estudio (Cuadro 11)



Cuadro 11. Análisis de presupuesto parcial.

	Distancia de estaquillado (9 m) sobre surcos a 1.5m						
	6	7	8	9	10	11	12
<b>Costos que varían</b>							
<b>Insumo semilla</b>							
# de paquetes /ha	1111	952	833	741	667	606	556
Toneladas /ha	15	12.9	11.3	10	9	8.2	7.5
Valor Q/ha*	6600	5676	4972	4400	3960	3608	3300
<b>Mano de obra Q/ha</b>							
Corte	757.26	648.88	567.77	505.07	454.63	413.05	378.97
Alce	169.65	145.37	127.20	113.15	101.85	92.54	84.90
Siembra	694.42	694.42	694.42	694.42	694.42	694.42	694.42
<b>Transporte Q/ha**</b>	1050	903	791	700	630	574	525
<b>Costo de oportunidad recurso tierra***</b> (área de semillero requerido)	555.84	472.46	418.73	361.29	333.5	302.9	277.92
<b>Total de costos que varían - TCV</b>	9827.17	8540.13	7571.12	6773.93	6174.40	5684.91	5261.21
<b>Beneficios Brutos- BB</b>							
Toneladas de caña por hectarea	139	138	135	135	135	134	126
Valor Q/ha****	26410	26220	25650	25650	25650	25460	23940
<b>Beneficios Netos-BN (BB-TCV)</b>	16582.83	17679.87	18078.88	18876.07	19475.60	19775.09	18678.79

\* Q 440 tonelada de semilla, Zafra 2011/12  
\*\*Calculo sobre Q 70/tonelada  
\*\*\* Calculo sobre Q 2779/ha valor de alquiler  
\*\*\*\*Calculo sobre Q190 precio tonelada en campo

A partir del análisis de presupuesto parcial se realizó la curva de beneficio neto – BN figura 7 en donde podemos observar que los valores de beneficio neto aumentan conforme se aumenta la distancia de estaquillado hasta 11m, luego a partir de este inicia el decremento en el BN.

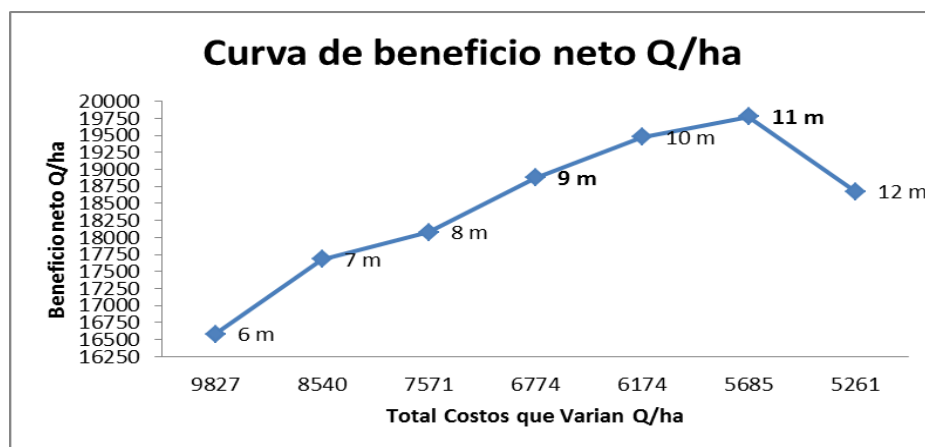


Figura 7A. Curva de beneficio neto Q/ha .

Es importante notar que los máximos beneficios se obtienen cuando el estaquillado es igual a 11 m.

Con base a lo anterior cuando se compara el estaquillado a 11m con el testigo (9 m) ofrece una diferencia en el Ingreso Neto (IN) de Q 899.1/Ha (Figura 7). De acuerdo a los resultados obtenidos el tratamiento 6 (11m) es el que presenta mayor rentabilidad. Esta cantidad en 4600 ha a renovar anualmente (20 % del área cultivada) representaría un beneficio de Q 4.13 millones anualmente debido a la reducción del CV y que la producción no presenta diferencia significativa respecto a los otros tratamientos. Colateralmente es de tomar en cuenta la disminución de la cantidad de semilla requerida al adoptar la nueva tecnología (1.8 toneladas de semilla/ha) (Cuadro 12A) calculada en renovación anual equivale a 8,280 toneladas de semilla menos. El no uso de estas 8,280 toneladas de semilla implican un ahorro de área de semillero de aproximadamente 110 ha, área que puede ser destinada a caña comercial. Según datos del departamento de planificación y control del Ingenio la Unión el promedio general de la producción para la zafra 2012-13 es 108 TCH, es decir que con las 110 Ha que podrían utilizarse como área productiva el ingenio podría aumentar su producción anual en aproximadamente 11,880 TC que irían a molienda contribuyendo con la producción de 40,392 qq /azúcar aproximadamente, tomando el precio actual del azúcar 16 \$ por quintal la empresa podría tener un ingreso adicional aproximado de 646,272\$ si adopta esta nueva tecnología.

## 2.9 CONCLUSIONES

1. Según los resultados obtenidos podemos observar que no existió diferencia estadísticamente significativa en los componentes de rendimiento de caña (población, altura de tallo, diámetro de tallo) entre los siete tratamientos evaluados.
2. El tratamiento 1 (estaquillado a 6 m) fue el que presentó mayor producción de caña por unidad de área (139 TC/ha) a pesar de esto fue el que presentó la rentabilidad menos atractiva obteniendo el menor beneficio neto (BN) de los 7 tratamientos evaluados.
3. El tratamiento 6 (estaquillado a 11 m) es el que presenta mayor rentabilidad superando al testigo comercial; el estaquillado a 11 m, al compararlo con el testigo (estaquillado a 9 m) ofrece una diferencia en el ingreso neto de Q 899.71/ha y colateralmente una reducción de 1.8 toneladas de semilla /ha y un ahorro de área de semillero de 240 m<sup>2</sup> / ha.

## 2.10 RECOMENDACIONES

1. Ya que esta evaluación corresponde a cultivo en plantilla se recomienda continuar el presente estudio hasta el cuarto corte para observar el comportamiento de las plantaciones y las variables ya evaluadas por efecto de los tratamientos.
2. Evaluar en forma comercial la opción de estaquillado 10 y 11 m versus el testigo comercial (9 m) incluyendo en lo posible las variedades que predominan en cantidad de área sembrada en la empresa.
3. Realizar esta evaluación en distintos estratos altitudinales, tipos de suelo épocas de siembra, áreas sin riego y diferentes dosis de fertilización.
4. Observar y tomar en cuenta el comportamiento de las plantaciones por efectos de pisoteo o paso de maquinaria en la cosecha, evaluar el efecto de la cosecha mecanizada.

## 2.11 BIBLIOGRAFÍA

1. Azañon, V; Portocarrero, E; Solares, E. 2005. Efecto de tres calidades de semilla en la producción de dos variedades de caña de azúcar. *In* Memoria presentación de resultados de investigación zafra 2004-2005. Guatemala, CENGICAÑA. p. 54-58.
2. Barrios, C. 2011. Aspectos generales y manejo agronómico de finca Marínala (entrevista). La Gomera, Escuintla, Guatemala, Ingenio la Unión.
3. Calderón, G. 2003. Estudio agroindustrial de cuatro densidades de siembra con la variedad de caña de azúcar B76-259 cultivada en Turrialba. *In* Congreso TACORI (15, 2003. CR). Guanacaste, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. p. 251-255.
4. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). s.f. Sistemas de información meteorológica de la zona cañera de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 7 marzo 2011. Disponible en <http://cengidoc.cengican.org/Portal/Biblioteca/PublicacionesCENGICANA/Memorias/10-11/Agronomia.pdf>
5. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Departamento de Investigación, GT). 2010. Resultados de investigación agrícola zafra 2009-2010: evaluación del distanciamiento de siembra, en el cultivo de la caña de azúcar a 1.5 y 1.75 metros entre surcos, Ingenio La Unión, zafra 2009-10. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión. p. 64-68.
6. García, G. 2011. Manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar. (entrevista). Guatemala, Ingenio La Unión.

7. GEPLACEA (Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar, MX). 1990. Siembra. *In* GEPLACEA (Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar, MX). Manual de la caña de azúcar. US. p. 45-57.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapa de zonas de vida, república de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 7 mar 2011. Disponible en [http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uee\\_infoagro/info\\_mapas](http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uee_infoagro/info_mapas)
9. Meneses, A; Melgar, M. 2012 Series históricas de producción, exportación y consumo de azúcar en Guatemala. Boletín Estadístico 10(1). Guatemala, CENGICAÑA. 8 p.
10. Orozco, H; Azañon, V. 2000. Aumento de la distancia de estaquillado: una opción viable para la reducción de la cantidad de semilla agamica por unidad de área. *In* Presentación de resultados de investigación CENGICAÑA, Zafra 1999-2000 (2000, GT). Memorias. Ed. por Adlai Meneses. Santa Lucia Cotzumalguapa, Suchitepéquez, Guatemala, CENGICAÑA: p. 31-42.
11. Orozco, H; Catalán, M; Castro, O; Queme, J. 2004. Catálogos de variedades promisorias de caña de azúcar en la agroindustria azucarera guatemalteca, morfología y productividad. Guatemala, CENGICAÑA. 50 p.
12. Pérez, L. 1997. Industria azucarera en Guatemala: análisis de sostenibilidad (en línea). Costa Rica, INCAE. Consultado 4 mar 2011. Disponible en <http://www.incae.edu/es/clacds/publicaciones/pdf/cen731.pdf>

13. Pérez, O; Hernández, F; Toledo, B; Fong, E. 2005. Evaluación de cuatro distanciamientos de surco y cuatro densidades de siembra en caña de azúcar en plantía. *In* Memoria presentación de resultados de zafra 2004-2005. Guatemala, CENGICAÑA. p. 110-115.
14. Simmons, C; Tárano T, JM; Pinto Zúñiga, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p.
15. Soto, G; Orozco, H. 1997. Evaluación de cuatro distanciamientos de siembra de plántulas de caña de azúcar de las variedades CP 722086, CP 731547 y MEX 68P23 en comparación con el sistema convencional en la producción de semilla asexual. Guatemala, CENGICAÑA. 27 p. (Documento Técnico no. 9).
16. Soto, G; Orozco, H; Ovalle, W. 1998. Semilleros de caña de azúcar de alta calidad para la agroindustria azucarera de Guatemala. Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 10 p.
17. Subiros, F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 441 p.
18. Victoria, J; Calderón, H. 1995. Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades. *In* CENICAÑA, CO. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia, CENICAÑA. p. 115-119.
19. Villatoro, B; Pérez, O; Suarez, A; Ufer, C. 2010. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la costa sur de Guatemala –primera aproximación-. *In* Memoria presentación de resultados de investigación zafra 2009-2010. Guatemala, CENGICAÑA. p. 325-331.





## 2.12 APÉNDICE

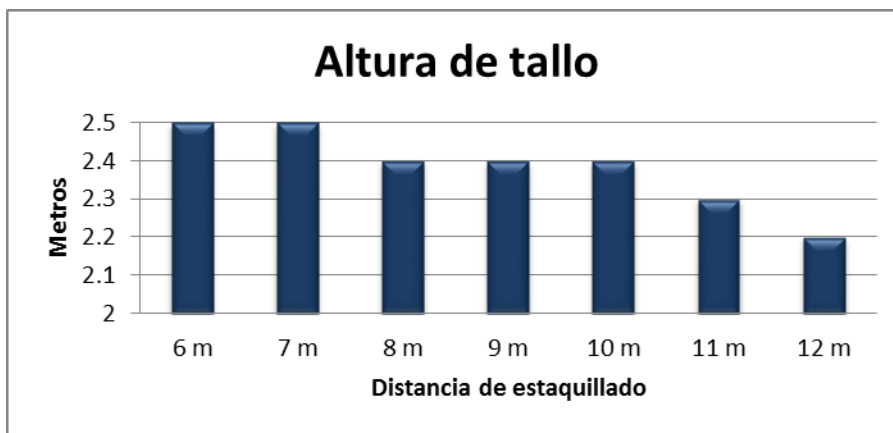


Figura 8A. Promedio de Altura de tallo.

Cuadro 12A. Cantidad de semilla, valor y disminución de costos según tratamiento.

Distancia de Estaquillado	Cantidad de semilla requerida		Valor de semilla (Q)	Disminución de costos/ha	
	Paquetes semilla* / Ha	Semilla Ton/ Ha		Respecto a 6 m (Q)	Respecto a 9 m (Q)
6	1111	15.0	6660.3	0	0
7	952	12.9	5708.9	951.5	0
8	833	11.3	4995.2	1665.1	0.0
9 (Testigo)	741	10.0	4440.2	2220.1	0.0
10	667	9.0	3996.2	2664.1	444.0
11	606	8.2	3632.9	3027.4	807.3
12	556	7.5	3330.2	3330.2	1110.1

\* 1 Paquete de semilla compuesto de 30 esquejes con 4 yemas y de un aproximado de 27 lbs

\*\* Q 440/ tonelada de semilla, zafra 2011-12.

Cuadro 13A. Datos de producción de caña TC/ha obtenidas en bascula del Ingenio La Unión.

Ingenio	Fecha	Entrada	Nota	Envio	Finca	Pante	Camion	Jaula	Colera 1	Colera 2	Neto
MARINALA											
41	23/01/2012	21:14:00	50673	907401	24	301	22170	0	42264	0	40.9023
41	23/01/2012	21:14:00	50673	1351862	24	301	22170	42263	0	0	39.7936
41	23/01/2012	21:54:00	50681	660369	24	301	22168	42207	0	0	41.511
41	23/01/2012	21:54:00	50681	907402	24	301	22168	0	42208	0	40.9349
41	23/01/2012	22:09:00	50684	660370	24	301	22186	0	42262	0	40.2393
41	23/01/2012	22:09:00	50684	1351863	24	301	22186	42261	0	0	40.1197
41	23/01/2012	22:31:00	50687	907403	24	301	22178	42296	0	0	43.1632
41	23/01/2012	22:31:00	50687	1351864	24	301	22178	0	42230	0	44.1197
41	23/01/2012	23:08:00	50693	660371	24	301	22183	42251	0	0	42.0327
41	23/01/2012	23:08:00	50693	907404	24	301	22183	0	42252	0	43.511
41	23/01/2012	23:20:00	50695	660372	24	301	22192	0	42242	0	41.3914
41	23/01/2012	23:20:00	50695	1351865	24	301	22192	42241	0	0	40.7175
41	23/01/2012	23:42:00	50700	907405	24	301	22187	42259	0	0	44.0654
41	23/01/2012	23:42:00	50700	1351866	24	301	22187	0	42260	0	43.4567
41	24/01/2012	00:23:00	50702	660373	24	301	22189	42257	0	0	38.7393
41	24/01/2012	00:23:00	50702	907406	24	301	22189	0	42258	0	44.4784
41	24/01/2012	01:07:00	50712	660374	24	301	22191	0	42218	0	38.5545
41	24/01/2012	01:07:00	50712	1351867	24	301	22191	42217	0	0	44.4349
41	24/01/2012	01:24:00	50716	660375	24	301	22185	42253	0	0	40.7501
41	24/01/2012	01:33:00	50718	907407	24	301	22157	42275	0	0	40.2719
41	24/01/2012	01:33:00	50718	1351868	24	301	22157	0	42276	0	44.2936



Figura 9A. Medición de diámetro de tallos con ayuda de un vernier.



Figura 10A Medición de diámetro de tallos con ayuda de un vernier.



Figura 11A. Conteo de tallos molederos.



Figura 12A. Conteo de tallos molederos.



Figura 13A. Cosecha de Chorras.



Figura 14A. Chorra continúa.



### **CAPÍTULO III**

**Servicios Prestados en el Departamento de Investigación Agrícola,  
Ingenio La Union S.A, Escuintla , Guatemala.**





### 3.1 PRESENTACIÓN

El objetivo del departamento de investigación agrícola del Ingenio la Unión es evaluar, adoptar, validar y mejorar tecnologías en fertilización, herbicidas, madurante, control de plagas, inhibidores de floración, nuevas variedades, manejo de residuos, cosecha, transporte, etc.; con el fin de incrementar la producción y obtener una mayor rentabilidad.

La metodología utilizada por el departamento de investigación le permite realizar una gran cantidad de ensayos logrando abarcar las necesidades de investigación necesaria en toda el área de cultivo de caña de azúcar bajo su administración. Adoptando la metodología de investigación del departamento del Ingenio La Unión se cumplieron las metas planificadas para realizar durante el ejercicio profesional supervisado logrando la elaboración de protocolos y establecimientos en campo de ensayos sobre fertilización.

La fertilización es una de las actividades más importantes en la producción de caña por la alta inversión económica que se realiza en dicha actividad, se hace imperativa la búsqueda de nuevas alternativas que permitan optimizar recursos y obtener mejores resultados.

En base a las necesidades de la empresa y que los suelos de la zona alta y media de las áreas de cultivo del ingenio pertenecen a la serie de suelos Andisoles estos tienen la característica de fijar el fósforo. En análisis de suelos realizados en estas zonas se registran suelos bajos en fósforo y bajos en potasio, posiblemente algunos de estos nutrientes u otros estén limitando la producción de caña, por lo que se establecieron experimentos con el objetivo de conocer que nutriente está limitando la producción en varias localidades de la zona media del ingenio.

El presente documento es la presentación de los servicios prestados durante el ejercicio profesional supervisado en donde se presentan los servicios planificados que son los planteados en base al diagnóstico realizado y los no planificados que son los que

se realizaron cuando surgió la necesidad de apoyar la evaluación de nueva tecnología como lo es el uso del silicato de calcio como una nueva alternativa de fertilización y control de barrenador.

## **3.2 AREA DE INFLUENCIA**

Los servicios realizados tuvieron influencia en la zona media de producción del área bajo administración del Ingenio La Unión (9755 Has) específicamente en las fincas Belén, Margaritas y Jabalí III que son fincas representativas de la zona media de producción de caña de azúcar.

### **3.2.1 Ubicación**

Las fincas se encuentran en los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia y La Nueva Concepción del departamento de Escuintla, Guatemala. Ubicadas a una altura entre 100 a 300 m sobre el nivel del mar. Geográficamente se localiza aproximadamente dentro de las coordenadas 14 grados 16 minutos y 18 segundos latitud norte y 91 grados, 5 minutos y 47 segundos longitud oeste.

### **3.2.2 Extensiones, límites y colindancias.**

Finca Belén limita al norte con Finca Santa Isabel, al sur con la Finca Tesalia, Finca Venecia González, al oeste con el Río Cristóbal, al este con el Río Petaya, Finca San Juan y Finca Santa Isabel. Su extensión territorial es de 422.84 ha.

Finca Margaritas limita al norte con el Parcelamiento Velasquitos, Finca San Juan Bosco, al sur con Finca Reynosa, al oeste con el Río Acome al este con Río Cojolate, Finca Santa Matilde, Finca San Martín y Aldea Ceiba Amelia su extensión territorial es de 1,043.62 ha.

Finca Jabalí III limita al norte con Finca San Miguel Mapan, al sur con Parcelamiento el Jabalí al oeste con el río Cojolate, finca Jabalí II y finca La Perla su extensión territorial es de 567.82 ha.

### **3.2.3 Suelos**

Con base en la clasificación de suelos de Guatemala sistema USDA el área de estudio se encuentra en las siguientes clases:

Clase I: tierras para la agricultura sin restricciones, aptas para riego, con topografía plana, productividad alta con buen nivel de manejo. Aptos para todos los cultivos.

Clase II: Tierras para agricultura con pocas restricciones, aptas para riego, topografía plana, ondulada o suavemente inclinada, alta productividad con prácticas de manejo de suelo y tecnología agrícolas moderadamente intensivas. Aptos para cultivos de rotación.

### **3.2.4 Agua**

Estas se encuentran entre las cuencas hidrográficas Coyolate, Acomé y Achiguate, siendo irrigadas por muchos ríos. (Achiguate, Coyolate, Pantaleón, Cristóbal, Petaya, etc).

### **3.2.5 Clima**

Según Holdridge, se encuentran en las zonas de vida, bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S (c)) y bosque húmedo subtropical cálido (bh-S (c) ). Con una precipitación media anual que va desde 4,600 a 1,000 mm y una temperatura media anual de 24 grados centígrados hasta 32 grados centígrados.

### **3.3 OBJETIVO GENERAL**

- Apoyar al departamento de investigación agrícola en la elaboración de protocolos y establecimiento de ensayos en campo.

### **3.4 SERVICIOS PRESTADOS**

#### **3.5 Evaluación de nutrientes limitantes en caña de azúcar en Finca Margaritas, Belén y Jabalí III, zafra 2011-12.**

### **3.6 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En los últimos años el cultivo de caña de azúcar en Guatemala ha crecido aceleradamente hasta llegar en la última zafra a 220,000 hectáreas. Este crecimiento ha provocado el uso de áreas marginales para la producción del cultivo. Por otro lado las zonas agrícolas de buenas condiciones en muchos casos no están produciendo lo que potencialmente podrían producir (Perez & A.,2009).

Los suelos de la zona media pertenecen a la serie de suelos Andisoles que tienen la característica de fijar el fósforo y los contenidos menores a 20 ppm requieren de la aplicación de fósforo, los suelos que tengan mayor a este contenido no necesitan que se les aplique. Existen suelos en los que se encuentra bajo fósforo o bajo potasio posiblemente algunos de estos nutrientes u otros estén limitando la producción de caña (CENGICAÑA, 1996), por lo que en cualquiera de los casos anteriores es importante determinar los factores nutricionales que limitan la producción.

### **3.7 OBJETIVOS**

- Determinar los nutrientes que estén limitando la producción de caña por unidad de área.
- Determinar la fertilización más adecuada para aumentar los rendimientos de caña y azúcar con relación a la fertilización actual.

### 3.8 METODOLOGÍA

#### 3.8.1 Ubicación de los ensayos

El estudio se realizó estableciendo 3 experimentos en fincas de baja fertilidad del ingenio La Union (Belén, Margaritas y Jabalí III), ubicadas en el estrato medio de la zona cañera (100, 110 y 300 msnm respectivamente), en suelos Andisoles.

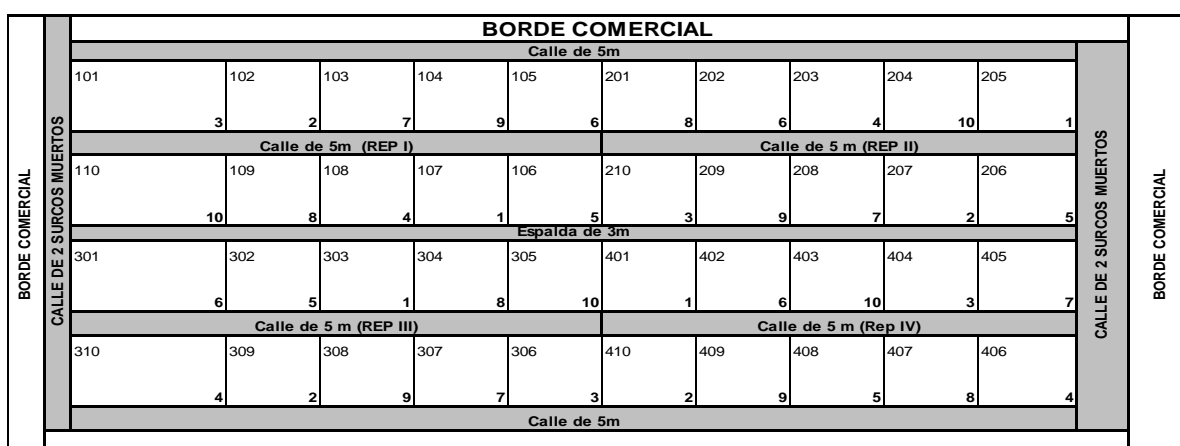
#### 3.8.2 Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental consistió de 5 surcos de 10 m de largo distanciados a 1.5 metros. La variedad utilizada en las 3 localidades fue la CP 72-2086 que es la de mayor área cultivada en el ingenio (800 ha).

Cuadro 14. Croquis de campo utilizado para el establecimiento de los ensayos de nutrientes limitante.

DETERMINACION DE NUTRIENTES LIMITANTES EN CAÑA DE AZUCAR  
EN LA ZONA CAÑERA DE GUATEMALA

N



### 3.8.3 Nutrientes minerales evaluados

Los nutrientes evaluados fueron : nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio(Mg), azufre (S), y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu y B), la fertilización comercial realizada en cada finca así como un testigo absoluto sin fertilizante fueron agregados a la evaluación.

Cuadro 15. Estructura de tratamientos, fuente y dosis de elementos.

No. TRAT	TRATAMIENTOS	FUENTES	DOSIS Kg / HA				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Mg
1	N	UREA	120	--	--	--	--
2	NP	MAP + UREA	120	50	--	--	--
3	NPK	MAP + UREA + KCl	120	50	80	--	--
4	NPKS	MAP + UREA + KCl + SA	120	50	80	60	--
5	NPKSMg	MAP + UREA + LANGBEINITA	120	50	80	60	30
6	NPKSMg + Micros	MAP + UREA + LANGBEINITA + Micros	120	50	80	60	30
7	NPK + Cal	MAP + UREA + KCl + CAL DOLOMITICA	120	50	80	--	--
8	N <sub>2</sub> PKSMg + Micros	2 MAP + UREA + LANGBEINITA + Micros	120	100	80	60	30
9	TESTIGO COMERCIAL	TESTIGO COMERCIAL	--	--	--	--	--
10	TESTIGO ABSOLUTO	TESTIGO ABSOLUTO	--	--	--	--	--

### 3.8.4 Aplicación de fertilizantes

En los tratamientos con fósforo el mismo fue aplicado directamente al fondo del surco al momento de la siembra en tanto que en el tratamiento con cal, esta se colocó en el fondo del surco sobre la cual separada por una capa de tierra se aplicó el fosforo.

El resto de nutrientes fueron aplicados a los 60 días después de la siembra con las dosis descritas en el cuadro 16.

Los micronutrientes fueron aplicados de acuerdo a la dosis descrita anteriormente a las 90 y 120 días después de la siembra.



### 3.8.5 Cosecha

La cosecha de los experimentos se realizó con el sistema de corte manual maleta al suelo, cada unidad experimental se pesó con una báscula colgante de capacidad de 5000 kg.

### 3.8.6 Variables de respuesta

Producción de caña. (TC/ha)

### 3.8.7 Análisis de la información

Análisis de varianza para bloques al azar.

## 3.9 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se estableció y evaluó el ensayo de nutriente limitante en finca Margaritas, Belén y Jabalí III.

Cuadro 16. Análisis de suelos evaluados.

Finca	Orden de Suelo	pH	MO%	P (ppm)	K (ppm)	Ca	Mg
						meq/100g	
Margaritas	Andisol	5.9	3.9	2.2	47	3.1	0.04
Belén	Andisol	5.7	5.3	0.1	215	10.8	1.6
Jabalí III	Andisol	6.1	5.1	1.7	242	10	3.8

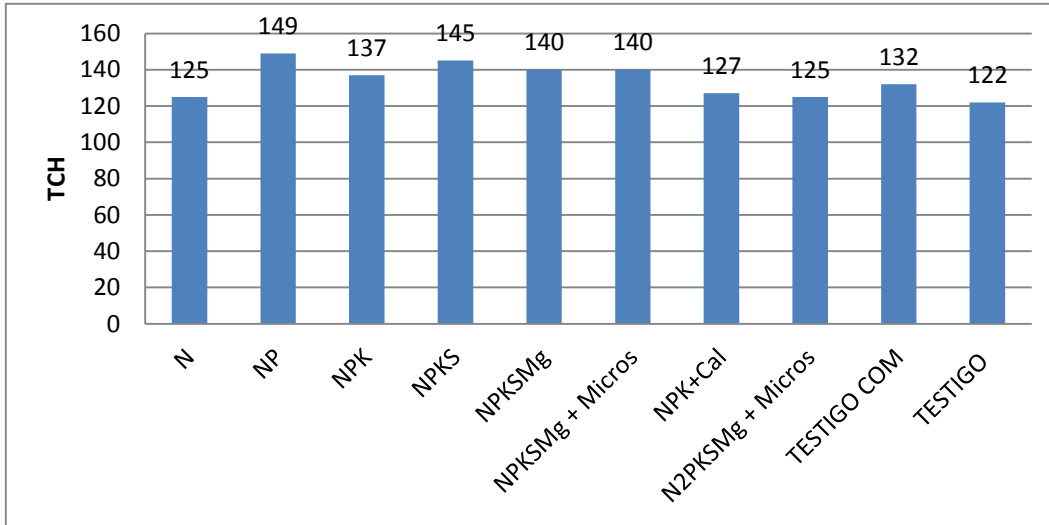


Figura 7. Promedio TCH finca Belén.

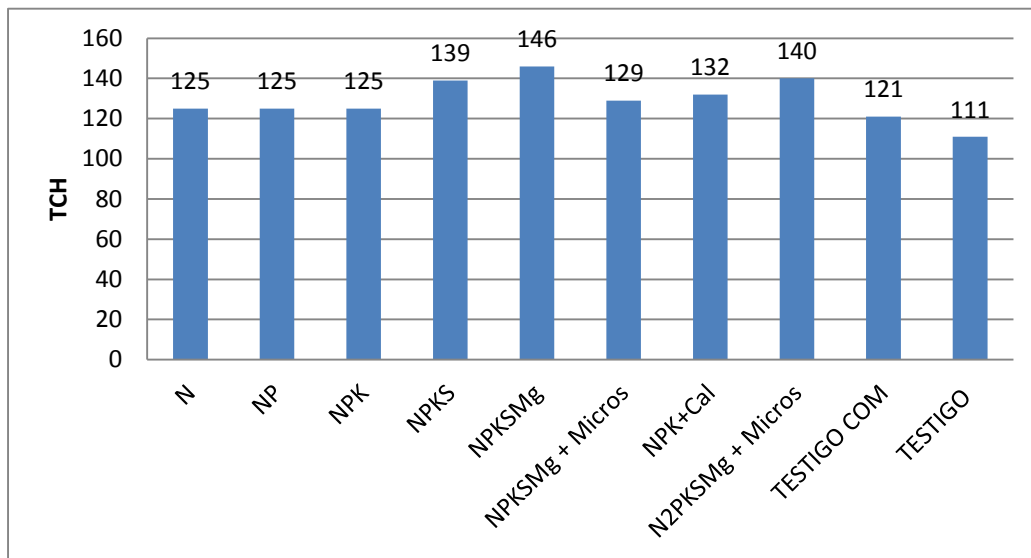


Figura 8. Promedio de TCH finca Margaritas.

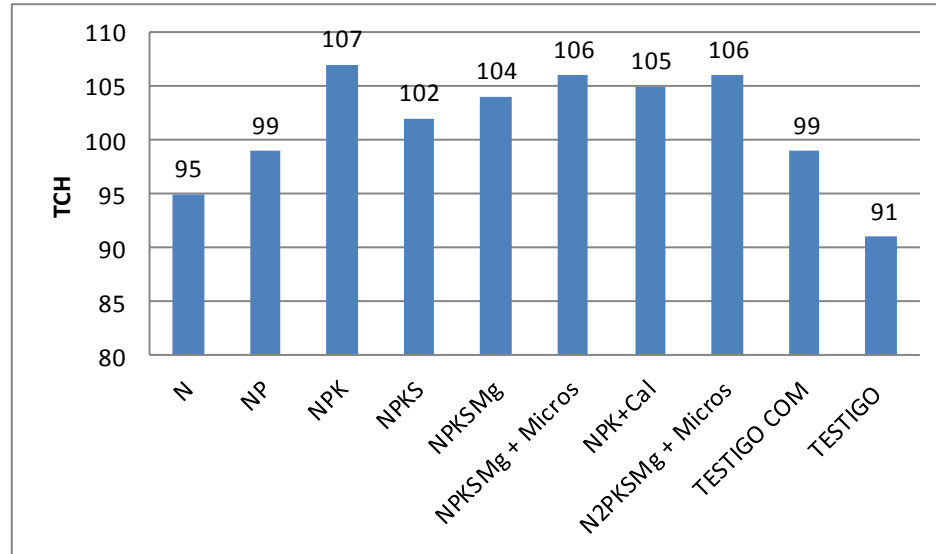


Figura 9. Promedio TCH finca Jabalí III.

Se puede observar que en las tres localidades el testigo absoluto fue superado por todos los tratamientos por lo que a continuación se presentan los incrementos obtenidos en tonelaje con respecto al testigo comercial por efecto de los nutrientes adicionales.

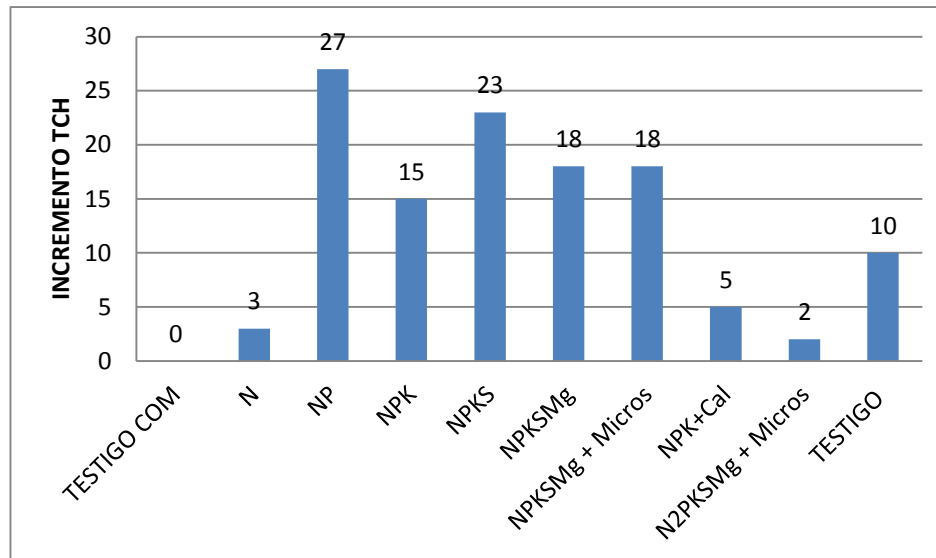


Figura 10. Incrementos en el tonelaje con respecto al testigo comercial, finca Belén.

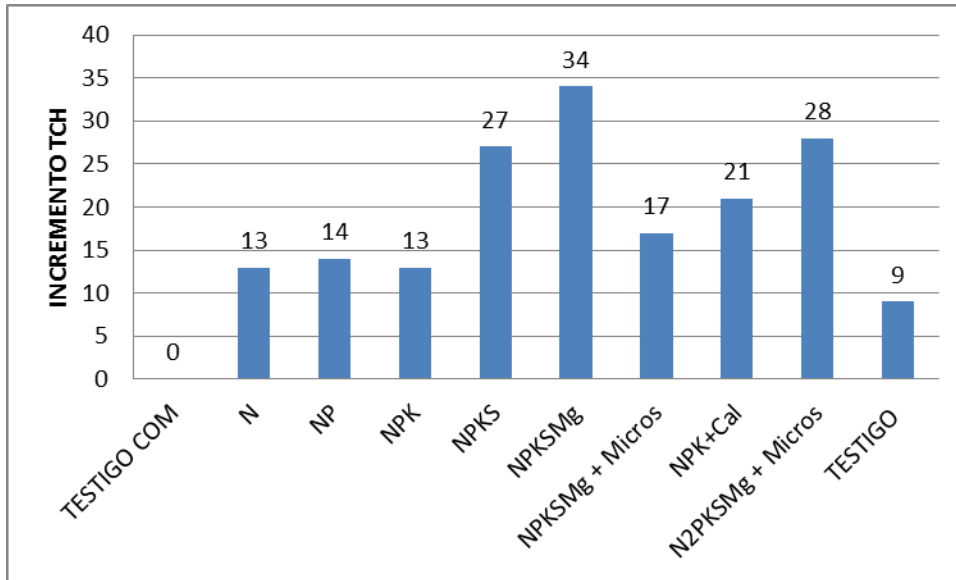


Figura 11. Incrementos en el tonelaje con respecto al testigo comercial, finca Margaritas.

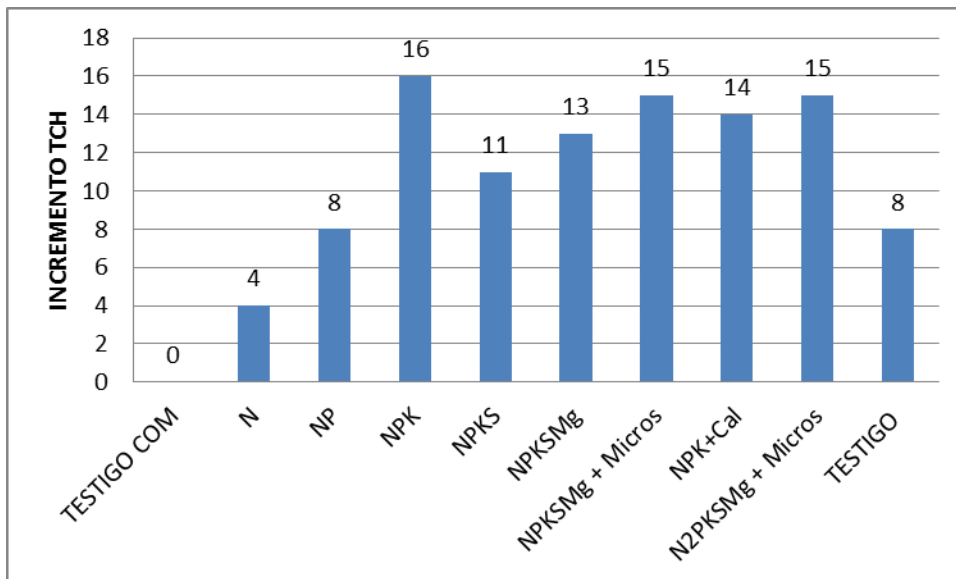


Figura 12. Incrementos en el tonelaje con respecto al testigo comercial, finca Jabalí III

En las figuras 19, 20 y 21 se puede observar que en todos los sitios el nitrógeno solo (N) no fue capaz de superar estadísticamente el rendimiento del testigo con incrementos relativamente bajos, siendo el incremento máximo de 13 TCH. En cuanto al

tratamiento de adición de fósforo (NP) solo en Belén se obtuvo un incremento estadísticamente significativo siendo este el mejor tratamiento para este sitio, ya que la adición de más nutrientes no presentan aumento significativo. La adición de potasio (NPK) incrementó el tonelaje en forma consistente en finca Jabalí III y aunque en menor magnitud también presentó incremento en las otras 2 localidades. En finca Margaritas se observa que el tratamiento que incluyó Azufre y Magnesio (NPKSMg) alcanzó un incremento significativo. Las respuesta observadas a fósforo en Belén, potasio en Jabalí III y azufre y magnesio en Margaritas corresponden totalmente con la baja disponibilidad de estos indicada por el análisis de suelos mostrado en el Cuadro 17.

Los resultados obtenidos se sustentan con la siguiente descripción de los suelos andisoles. Se caracterizan por ser derivados de cenizas volcánicas desarrollados en clima cálido y húmedo (CENGICANA, 1996), estos suelos se caracterizan por la presencia de altos contenidos de arcillas “alófana” amorfas en su fracción mineral y que le confieren ciertas características especiales como la alta retención de fosfatos y azufre. Los suelos con altos contenidos de arcillas amorfas como la “alófana” son ricos en materia orgánica debido a una baja tasa de mineralización de la MO en estos suelos. La baja tasa de la mineralización es explicada de varias maneras incluyendo la protección física de las sustancias orgánicas, el acomplejamiento del compuesto orgánico con óxidos de Fe y Al hasta le reducida actividad microbiana del suelo por la deficiencia de P en estos suelos (Denik, 2006). En términos generales estos suelos son pobres en fósforo y potasio y algunos son deficientes en magnesio (Pérez, 2002).

Se puede observar que en todos los casos la fertilización completa (NPK o NPKS) superó consistentemente a los testigos comerciales en términos de TCH, con incrementos variables en las distintas fincas indicando que hay oportunidades para aumentar la productividad y rentabilidad del cultivo en estos suelos.

### 3.10 CONCLUSIONES

1. La adición de fósforo a la fertilización en finca Belen fue el tratamiento que mostró mejor respuesta por lo que podemos concluir que el fósforo es el elemento que está limitando la producción en esta localidad, los resultados obtenidos en finca Margaritas muestran que la fertilización con NPKSMg fue la que obtuvo un incremento significativo en la producción pudiendo concluir que el S y el Mg son los nutrientes que limitan la producción y en cuanto a la finca Jabalí III la fertilización con NPK fue la que mostró la mejor respuesta por consiguiente concluimos que potasio es el elemento que limita la producción en esta localidad.
2. De acuerdo a los estudios realizados podemos concluir que la fertilización más adecuada para Finca Belen es NP, para finca Margaritas la combinación de NPKSMg y para finca Jabalí III NPK , el fósforo es el único nutriente que se aplica al fondo del surco a la siembra el resto de nutrientes se debe aplicar a los 60 días después de la siembra.

### 3.11 RECOMENDACIONES

1. En finca Belen se recomienda añadir a la fertilización comercial la aplicación de fósforo (2 qq/ha) en la siembra para complementar la fertilización nitrogenada.
2. Continuar con las evaluaciones en Finca Belen, Margaritas y Finca Jabali III para validar los resultados obtenidos en el presente estudio.
3. Realizar ensayos de nutrientes limitantes en suelos de baja producción.
4. Continuar con las evaluaciones en para observar el comportamiento de los siguientes ciclos de cultivo.

## 3.12 APÉNDICE

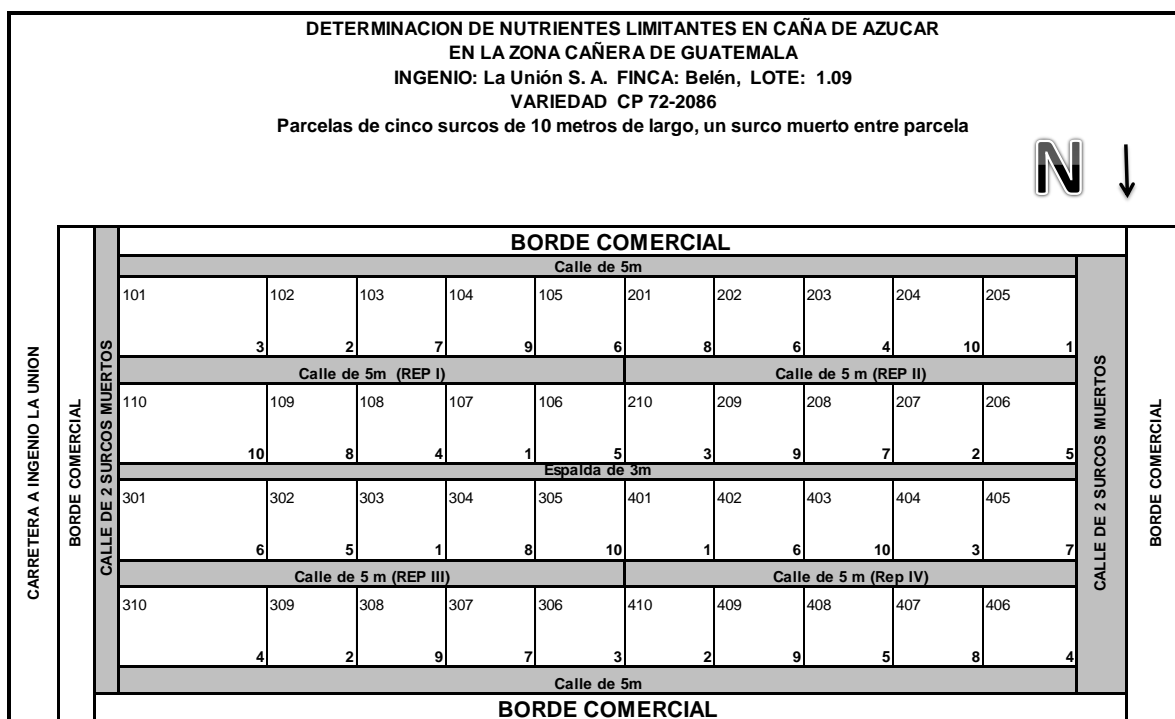


Figura 13. Croquis del Ensayo en Finca Belén.

No. TRAT	TRATAMIENTOS	FUENTES	DOSIS Kg / HA				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Mg
1	N	UREA	120	–	–	–	–
2	NP	MAP + UREA	120	50	–	–	–
3	NPK	MAP + UREA + KCl	120	50	80	–	–
4	NPKS	MAP + UREA + KCl + SA	120	50	80	60	–
5	NPKSMg	MAP + UREA + LANGBEINITA	120	50	80	60	30
6	NPKSMg + Micros	MAP + UREA + LANGBEINITA + Micros	120	50	80	60	30
7	NPK + Cal	MAP + UREA + KCl + CAL DOLOMITICA	120	50	80	–	–
8	N <sub>2</sub> PKSMg + Micros	2 MAP + UREA + LANGBEINITA + Micros	120	100	80	60	30
9	TESTIGO COMERCIAL	NITRATO DE AMONIO	90	–	–	–	–
10	TESTIGO ABSOLUTO	SIN FERTILIZANTE	–	–	–	–	–

Figura 14. Tratamientos y dosis evaluadas en finca Belén.

Cuadro 17A. Análisis estadístico finca Belén.

```

Analysis of variance
Variable N  R²  Adj R²  CV
TCH      40  0.62  0.45  14.91

Analysis of variance table (Partial SS)
S.V.      SS      df      MS      F      p-value
Model.    16359.20  12     1363.27  3.62  0.0027
BLOQUE    11093.70  3      3697.90  9.81  0.0002
TRATAMIENTO 5265.50  9      585.06  1.55  0.1804
Error     10176.30  27     376.90
Total     26535.50  39

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=23.75930
Error: 376.9000 df: 27
BLOQUE Means n S.E.
3.00    147.10  10  6.14  A
1.00    139.60  10  6.14  A
4.00    131.20  10  6.14  A
2.00    103.10  10  6.14  B
Means with a common letter are not significantly different (p<= 0.05)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=47.21899
Error: 376.9000 df: 27
TRATAMIENTO Means n S.E.
2.00    148.50  4  9.71  A
4.00    145.00  4  9.71  A
6.00    140.25  4  9.71  A
3.00    136.75  4  9.71  A
9.00    132.00  4  9.71  A
1.00    124.75  4  9.71  A
10.00   122.00  4  9.71  A
5.00    122.00  4  9.71  A
7.00    119.25  4  9.71  A
8.00    112.00  4  9.71  A
Means with a common letter are not significantly different (p<= 0.05)
    
```

EN LA ZONA CAÑERA DE GUATEMALA  
 INGENIO: La unión S. A. FINCA: Margaritas, LOTE: 3.01  
 VARIEDAD CP 88-1165 Fecha de Siembra: 02-06-2011  
 Parcelas de cinco surcos de 10 metros de largo, un surco muerto entre parcela

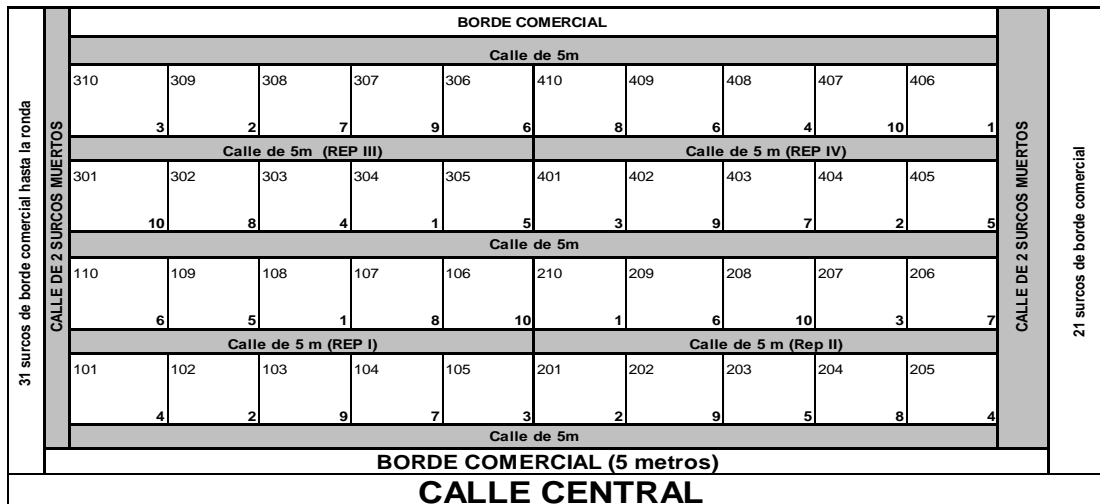


Figura 15A. Croquis del ensayo en finca Margaritas.



Cuadro 18A. Tratamientos y dosis evaluadas en finca Margaritas.

No. TRAT	TRATAMIENTOS	FUENTES	DOSIS (Kg/ha)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Mg
1	N	Urea	100	--	--	--	--
2	NP	Urea + MAP	100	80	--	--	--
3	NPK	Urea + MAP + KCl	100	80	80	--	--
4	NPKS	Urea + MAP + KCl + SA	100	80	80	60	--
5	NPKSMg	Urea + MAP + KCl + S Mg + SA	100	80	80	60	30
6	NPKSMg + Micros	Urea + MAP + KCl + S Mg + SA + micros	100	80	80	60	30
7	NPK + Yeso	Urea + MAP + KCl + Yeso (1 TM/ha)	100	80	80	--	--
8	NPK + Oxido Mg+Yeso)	Urea + MAP + KCl + Mezcla única (1TM/ha)	100	80	80	--	--
9	TESTIGO COMERCIAL	Urea	120	--	--	--	--
10	TESTIGO ABSOLUTO	SIN FERTILIZANTE	--	--	--	--	--

Cuadro 19A. Análisis estadístico finca Margaritas.

```

Analysis of variance

Variable N   R²   Adj R²   CV
TCH         40  0.56   0.36  8.82

Analysis of variance table (Partial SS)
S.V.      SS      df      MS      F      p-value
Model.    3647.70  12     303.98  2.84   0.0118
BLOQUE    592.10   3     197.37  1.84   0.1630
TRATAMIENTO 3055.60  9     339.51  3.17   0.0096
Error     2889.40  27    107.01
Total     6537.10  39

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=12.66026
Error: 107.0148 df: 27
BLOQUE Means n S.E.
2.00   121.80  10  3.27  A
1.00   119.90  10  3.27  A
4.00   115.90  10  3.27  A
3.00   111.80  10  3.27  A
Means with a common letter are not significantly different (p<= 0.05)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=25.16087
Error: 107.0148 df: 27
TRATAMIENTO Means n S.E.
5.00    132.25  4  5.17  A
8.00    127.00  4  5.17  A
4.00    126.00  4  5.17  A B
7.00    120.25  4  5.17  A B
6.00    117.00  4  5.17  A B
2.00    113.50  4  5.17  A B
1.00    113.25  4  5.17  A B
3.00    113.25  4  5.17  A B
9.00    109.75  4  5.17  A B
10.00   101.25  4  5.17  B
Means with a common letter are not significantly different (p<= 0.05)

```

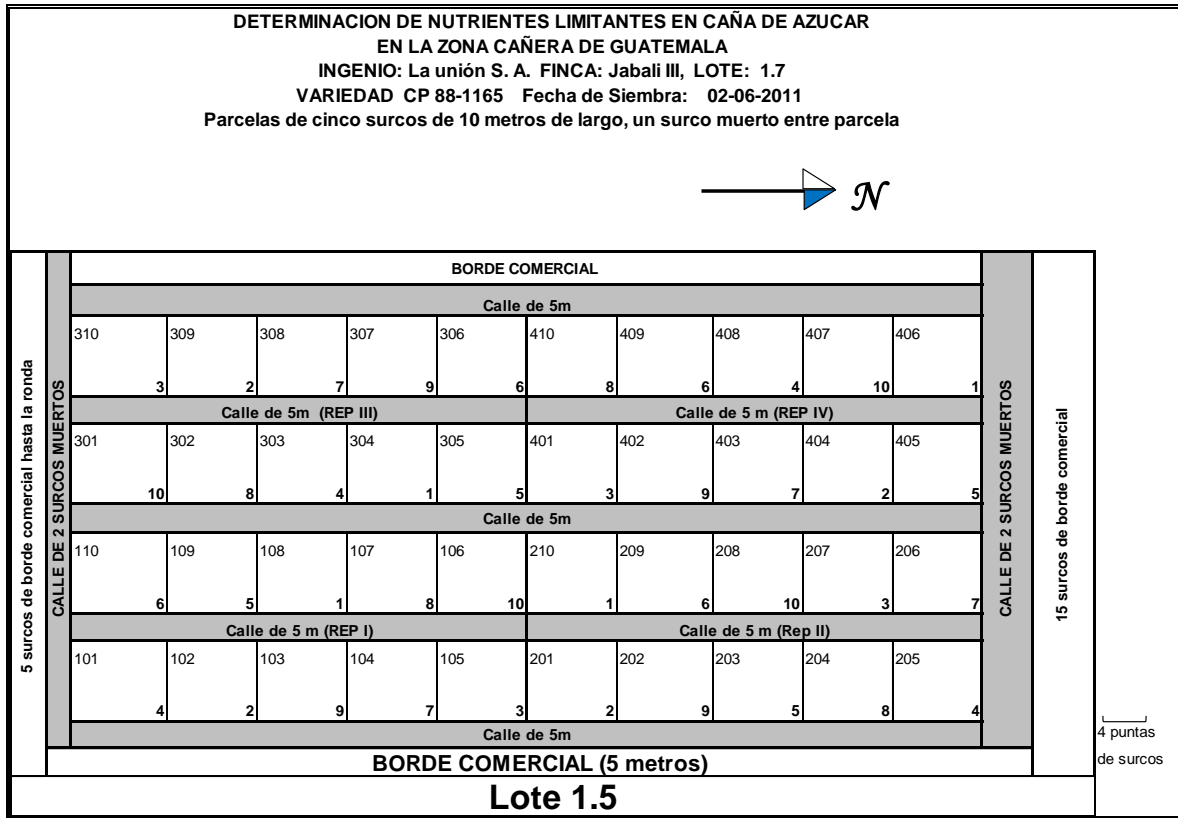


Figura 16A. Croquis del ensayo en finca Jabalí III.

Cuadro 20A. Tratamientos y dosis evaluadas en finca Jabalí III.

No. TRAT	TRATAMIENTOS	FUENTES	DOSIS (Kg/ha)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Mg
1	N	Urea	100	--	--	--	--
2	NP	Urea + MAP	100	80	--	--	--
3	NPK	Urea + MAP + KCl	100	80	80	--	--
4	NPKS	Urea + MAP + KCl + SA	100	80	80	60	--
5	NPKSMg	Urea + MAP + KCl + S Mg + SA	100	80	80	60	30
6	NPKSMg + Micros	Urea + MAP + KCl + S Mg + SA + micros	100	80	80	60	30
7	NPK + Yeso	Urea + MAP + KCl + Yeso (1 TM/ha)	100	80	80	--	--
8	NPK + Oxido Mg+Yeso)	Urea + MAP + KCl + Mezcla única (1TM/ha)	100	80	80	--	--
9	TESTIGO COMERCIAL	Urea	120	--	--	--	--
10	TESTIGO ABSOLUTO	SIN FERTILIZANTE	--	--	--	--	--

### 3.13 BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera de Guatemala. 2 ed. Guatemala. 216 p.
2. Denik, J. 2006. Nitrogen mineralization potential in important agricultural soils of Hawaii. Hawaii, US, University of Hawaii, College of Tropical and Human Resources, Cooperative Extension Service, Soil and Crop Management. 5 p.
3. Pérez, O. 2002 Nutrición y fertilización de caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA, Boletín Técnico Informativo 10(1):3-8.
4. Pérez, O; López A. 2009. Respuesta del cultivo de caña de azúcar a la aplicación anual de fosforo en socas en un suelo Andisol superficial con bajo P en el suelo. *In* Memoria de presentación de resultados de Investigación Zafra 2008-2009. Guatemala, CENGICAÑA. p. 160-165.

### **3.14 SERVICIOS NO PLANIFICADOS**

### **3.15 EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR A LA APLICACIÓN DE SILICATO DE CALCIO**

### **3.16 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El sílice es un elemento consumido por la caña en cantidades apreciables. Éste forma parte de las paredes celulares y se cree que tiene relación con la absorción de P, al aumentar su disponibilidad. El sílice se acumula principalmente en la cutícula de las hojas y tallos. Debido a ello contribuye con las propiedades mecánicas como la rigidez y la elasticidad de la planta formando una barrera mecánica contra el ataque de plagas como el barrenador (Keeping, 2000).

Existen evidencias que indican que las gramíneas como la caña de azúcar son capaces de absorber grandes cantidades de sílice y que la caña responde significativamente a las aplicaciones de este elemento en términos de rendimiento de caña especialmente en suelos bajos en sílice disponible.

En otros países se han realizado numerosos estudios al respecto y que demuestran los beneficios de las aplicaciones de sílice en el cultivo de caña de azúcar y su aplicación es una práctica comercial.

Aunque la mayoría de experiencia con buenas respuestas a las aplicaciones de sílice que se indican en la literatura corresponden a suelos con bajos contenidos de Silicio como los Oxisoles y Ultisoles, es importante saber que pasa en los suelos derivados de ceniza volcánica de formación reciente como los suelos de Andisoles teniendo en cuenta que el cultivo puede acumular grandes cantidades de este elemento (Keeping, 2000).

### **3.17 OBJETIVOS**

- Conocer las respuestas de tres variedades de caña de azúcar a las aplicaciones de sílice.
- Determinar si existe alguna relación entre las aplicaciones de sílice y la incidencia del barrenador del tallo.

### **3.18 METODOLOGÍA**

El estudio se estableció finca Jabalí III en caña plantía, se utilizaron las tres variedades de caña de azúcar con mayor área cultivada en la región (CP72-2086, CP88-1165 y Mex79-431).

#### **3.18.1 Diseño experimental**

El estudio fue establecido en parcela pequeña de cinco surcos de 10 metros lineales cada una, con cuatro repeticiones y 12 tratamientos (Figura 28A) bajo el diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas donde la parcela grande corresponde a las variedades y la parcela pequeña a los niveles de silicato de calcio aplicados.

#### **3.18.2 Aplicación y productos utilizados**

Como fuente de Si se utilizó Silicato de Calcio (42-45% de SiO<sub>2</sub>) con el nombre comercial de “Silifertidol ultra”. La aplicación del Silicato de Calcio se realizó en los niveles establecidos según el (cuadro 22) aplicándolo en el fondo del surco al momento de la siembra.

Cuadro 21. Dosis de Silicato de calcio utilizado en finca Jabalí III.

Tratamiento.	Variedad	Silicato de Calcio (t/ha)
1	CP72-2086	0
2	CP72-2086	0.5
3	CP72-2086	2.0
4	CP72-2086	4.0
5	CP88-1165	0
6	CP88-1165	0.5
7	CP88-1165	2.0
8	CP88-1165	4.0
9	MEX79-431	0
10	MEX79-431	0.5
11	MEX79-431	2.0
12	MEX79-431	4.0

La fertilización base se realizó con la aplicación uniforme de 100 kg de N/ha, 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 100 kg de K<sub>2</sub>O/ha. El fósforo se aplicó al fondo del surco al momento de la siembra utilizando MAP (11-52-0) como fuente de P. El nitrógeno y el potasio fueron aplicados en banda e incorporado a los 45 días después de la siembra. Como fuente de nitrógeno se utilizó urea (46%N) y como fuente de potasio se utilizó KCl (60 % K<sub>2</sub>O).

Los tratamientos se prepararon en CENGICAÑA pesando el equivalente de la dosis de Silicato de Ca para el área correspondiente de un surco de cada parcela experimental utilizando para ello una balanza electrónica. De la misma forma se hizo con los fertilizantes que se utilizaron en la fertilización base.

### **3.18.3 Muestreo de barrenador**

Se tomaron muestras para estimar el daño del barrenador al momento de cosecha en todos los tratamientos del experimento.

De cada unidad experimental se eligieron 5 cañas al azar y se contabilizó el número de entrenudos dañados y el total de entrenudos para determinar el índice de infestación ( $ij$ ).

### **3.18.4 Cosecha**

La cosecha se realizó con el sistema corte manual maleta al suelo, y se pesaron con una báscula digital colgante de capacidad de 5,000 kilogramos

### **3.18.5 Manejo del ensayo**

El manejo de la plantación en cuanto a control de malezas, riego, control de plagas y cualquier otra labor necesaria se realizó en forma uniforme en todo el ensayo de acuerdo con las prácticas comerciales de la finca.

### **3.18.6 Variables de respuesta**

- Incidencia del barrenador.
- Producción de caña (TCH)

### **3.18.7 Análisis de datos**

Se realizó un análisis de varianza según el diseño experimental.

### 3.19 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en finca Jabalí III mostraron que no existen diferencias significativa en la producción de TC/ha con las cuatro dosis de silicato de calcio aplicadas en ninguna de las variedades de caña (Figura 24); más pudo observarse que la variedad CP88-1165 independientemente de las dosis de silicato presentó una diferencia promedio de 19 TC/ha con respecto a la MEX-79431 y 23 TC/ha con respecto a la CP72-2086, mientras que la diferencia promedio entre estas dos últimas únicamente fue de 4 TC/ha (Figura 25). Esto puede atribuirse a características intrínsecas de la variedad CP88-1165 reflejándose en una mejor adaptación a las condiciones donde se realizó el ensayo.

Las escasas respuestas a las aplicaciones de silicato de calcio en el rendimiento de caña, están estrechamente relacionadas con el alto contenido de este elemento en el suelo, cuyos niveles alcanzaron hasta 26.8 ppm según los análisis de suelo realizados, lo cual indica su alta disponibilidad para el cultivo, considerándose como niveles adecuados de sílice foliar valores entre 1.5 – 4.0% (D.L & J.E., 1994).

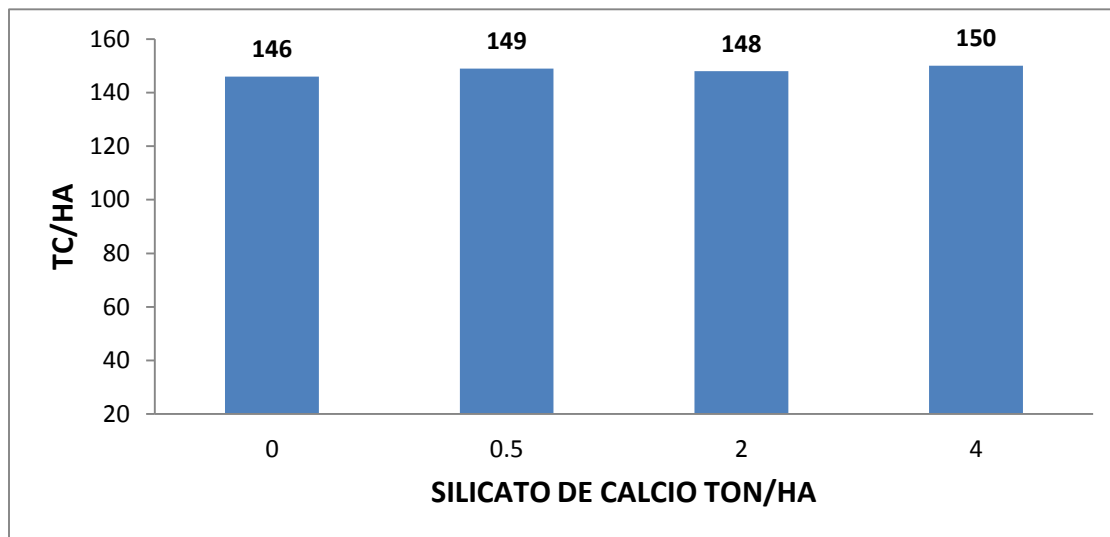


Figura 17. TC/ha Promedio por dosis de silicato de calcio aplicado.



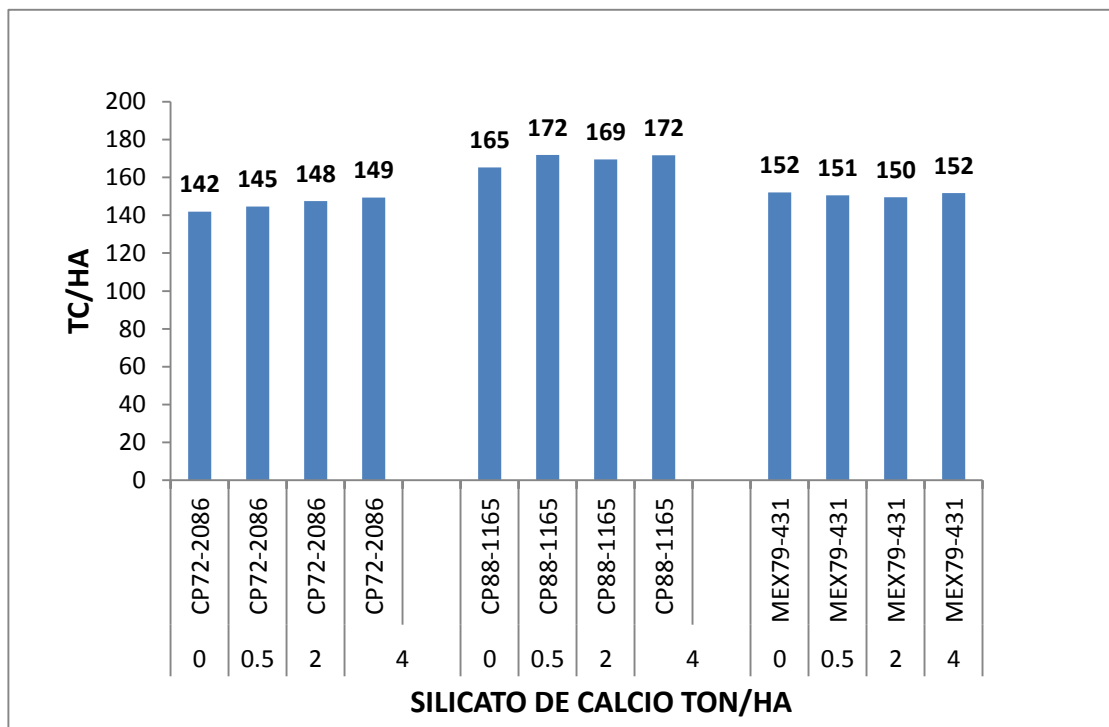


Figura 18. TC/ha por dosis de silicato de calcio y variedad de caña de azúcar finca Jabalí.

C.V. 4.28%

$P < \alpha 0.0004$  (Variedad)

$P > \alpha 0.5504$  (Dosis de Silicato)

$P > \alpha 0.8353$  (Interacción Variedad\*Dosis de Silicato)

### 3.19.1 Incidencia de barrenador

Como lo muestra el cuadro (Cuadro 23) siguiente el % de infestación del barrenador del tallo es de 0%, esto corresponde a que en los últimos años la presencia de la plaga en esta zona de producción a ido en decremento por lo que no se pudo determinar la relación de las dosis de silicato de calcio y el ii del barrenador.

Cuadro 22. Porcentaje de infestación Barrenador del tall (*Diatraea.a*) por variedad.

	TOTAL DE ENTRENUDOS	ENTRENUDOS DAÑADOS	TOTAL DE ENTRENUDOS	ENTRENUDOS DAÑADOS	TOTAL DE ENTRENUDOS	ENTRENUDOS DAÑADOS
VARIEDAD	<b>CP72-2086</b>		<b>CP88-1165</b>		<b>MEX79-431</b>	
REP I	70	0	77	0	75	0
REP II	83	1	81	0	73	0
REP III	72	0	84	0	76	0
REP IV	78	0	86	0	75	0
% INFESTACION (ii)	0		0		0	

### **3.20 CONCLUSIONES**

1. No se encontró ningún efecto de las distintas dosis de silicato de calcio en el rendimiento de caña en ninguna de las 3 variedades evaluadas.
2. Independientemente de la variedad de caña (CP88-1165, CP72-2086 y MEX79-731) en promedio el silicato de calcio no incrementó la producción de caña.
3. No fue posible determinar la relación entre el porcentaje de i.i. de barrenador y las dosis de silicato aplicado porque no hubo presencia de barrenador.

### **3.21 RECOMENDACIONES**

1. En suelos tipo Jabalí no se recomienda aplicar Silicato de Calcio.
2. Se recomienda determinar si existen efectos residuales de la aplicación de silicato de calcio en primera soca tanto para la producción de caña como para daño de barrenador.

## 3.22 APÉNDICE

EVALUACION DE LA RESPUESTA A LA APLICACION DE SILICATO DE CALCIO EN 3 VARIEDADES, FINCA JABALI III, ZAFRA 2011-12

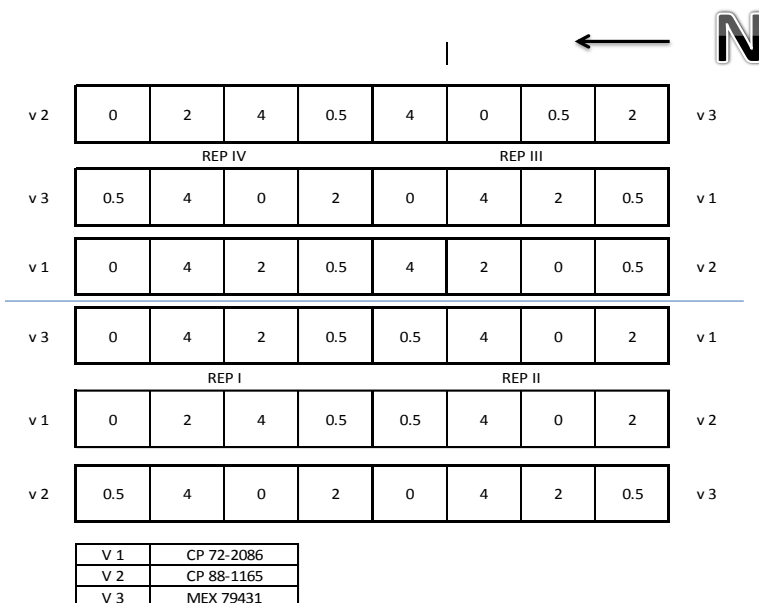


Figura 19A. Croquis del ensayo de evaluación de silicato de calcio finca Jabali III.

Cuadro 23A. Datos de producción de caña por variedad y tratamiento.

VARIEDAD	DOSIS	BLOQUE				PROMEDIO TC/Ha
		I	II	III	IV	
CP72-2086	0	149	136	128	131	136
	0.5	144	134	137	135	138
	2	139	136	147	142	141
	4	142	140	140	144	141
CP88-1165	0	169	171	135	159	158
	0.5	172	162	171	155	165
	2	170	165	149	161	161
	4	176	163	158	158	164
MEX79-431	0	144	145	140	148	144
	0.5	146	153	135	140	144
	2	145	143	137	145	143
	4	149	150	139	141	145

Cuadro 24A. Análisis de estadístico evaluación nutriente limitante.

Analysis of variance					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
TCH	48	0.78	0.69	4.65	

Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	6097.00	14	435.50	8.32	<0.0001
BLOQUE	817.08	3	272.36	5.20	0.0047
TRATAMIENTO	5279.92	11	479.99	9.17	<0.0001
Error	1726.92	33	52.33		
Total	7823.92	47			

Cuadro 25A. Prueba de medias de Tukey Variable TCH.

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=17.95989					
Error: 52.3308 df: 33					
TRATAMIENTO	Means	n	S.E.		
6.00	172.00	4	3.62	A	
8.00	171.75	4	3.62	A	
7.00	169.25	4	3.62	A B	
5.00	165.50	4	3.62	A B C	
9.00	152.00	4	3.62	B C D	
12.00	151.75	4	3.62	B C D	
10.00	150.50	4	3.62	C D	
4.00	149.50	4	3.62	C D	
11.00	149.50	4	3.62	C D	
3.00	147.25	4	3.62	D	
2.00	144.50	4	3.62	D	
1.00	142.00	4	3.62	D	

Means with a common letter are not significantly different (p<= 0.05)

### 3.23 BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, DL; Bowen, JE. 1994. Nutrición de la caña de azúcar. US, Instituto de la Potasa y el Fósforo. 40 p.
2. Meyer, JH; Keeping, MG. 1999. Past, present and future silicon research in the south african sugar industry. *In Proc. Int. Conf. on Silicon. Miami, US. (in press).*