


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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red dress and white headscarf, holding a book. Above her is a golden crown. The background is light blue with a white shield. The shield contains a golden castle on the left and a golden lion on the right. The shield is set against a green landscape with two hills. The entire seal is surrounded by a grey border with Latin text: "CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CAETERAS ORBIS CONSPICUA".

**Efectos en el desarrollo de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a las aplicaciones foliares y al momento de la siembra de pyraclostrobin y kelpak., diagnóstico y servicios prestados al área de investigación y producción de la empresa BASF de Guatemala.**

**LIGIA SUCELY MONZÓN CHAJÓN**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Efectos en el desarrollo de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a las aplicaciones foliares y al momento de la siembra de pyraclostrobin y Kelpak, diagnóstico y servicios prestados al área de investigación y producción de la empresa BASF de Guatemala.**

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

POR

LIGIA SUCELY MONZÓN CHAJÓN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERA AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Eberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. Josué Benjamín Boche López
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Alexsander Soto Estrada
SECRETARIO	Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Guatemala, noviembre de 2014

Guatemala, noviembre de 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 **“Efecto en el desarrollo de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), a las aplicaciones foliares y al momento de la siembra de pyraclostrobin y Kelpak., diagnóstico y servicios prestados al área de investigación y producción de la empresa BASF de Guatemala., período de febrero a noviembre 2013”** 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”

---

Ligia Sucely Monzón Chajón

## **ACTO QUE DEDICO**

A:

**DIOS:** Por protegerme, guiarme y cuidarme siempre y en todo momento pues siempre me acompaño dándome sabiduría a lo largo de este proceso de aprendizaje. Gracias mi amado DIOS.

**MIS PADRES:** Yolanda Chajón Rivas, gracias mami por ser ejemplo de vida y de mujer luchadora, te amo madre bella. A mi Padre José Ramón Monzón por ser mi inspiración, mi ejemplo por su apoyo a lo largo de este proceso de estudios. Gracias a ustedes por los sacrificios y por todo su amor. Este triunfo más que mío es ustedes. Los Amo.

**MIS HERMANOS:** Gerber Saúl y Sergio Estuardo por ser mis compañeros de vida. Los quiero mucho.

**MIS ABUELOS:** Maternos, Margarita y José por bendecirme con la mejor madre del mundo se que el señor los tiene en su santa gloria, a mis abuelos paternos José (papa chepe), por su cariño por tantos bellos momentos compartidos te extraño, a mi abuela Evangelina por su cariño y apoyo.

**MI SOBRINA:** Génesis Valeria (Vale), por su sola existencia y sus ocurrencias por los bellos momentos que has traído a mi vida.

MIS TÍOS: Por estar siempre conmigo, guiándome en cada paso de mí camino, gracias tíos.

MIS PRIMOS: A todos mis primos, pues hemos convivido momentos y anécdotas los llevo en mi corazón siempre.

MIS AMIGOS: En especial a: Katherine De León, Marianna Mendoza, Brixia Martínez, Sara Ortiz, Julio Paniagua, Jorge Manuel Palacios, Gabriela Guzmán, Christian Hernández, Sergio Estrada, José Luis Gonzales, Sucely Gonzales, Miguel Muñoz, Erick Pineda, Fernando Alay, Jesús Rodríguez, Cristina Díaz, Juan Ramón.

Gracias por su amistad y apoyo, que Dios me los bendiga.

## TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS,

Por darme las fuerzas, la valentía, la sabiduría e inteligencia para culminar mi formación universitaria.

VIRGEN DEL ROSARIO,

Por guiarme en cada paso y cuidarme.

MI FAMILIA,

Por ser mi inspiración, mi motivación, mi soporte, mi apoyo mi todo.

MI PATRIA GUATEMALA,

Por brillar entre las naciones con sus hijos e hijas que trabajan en esta tierra linda llena de abundantes riquezas.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

Por ser mi segunda casa y formarme con calidad técnica y científica aulas, gracias por permitirme ser parte de esta magna casa de estudios.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Pionera de profesionales en el área agrícola, gracias por abrir tus puertas y hacerme una profesional de bien, tus aulas relatan las historias de clases durante 5 años de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco la valiosa ayuda aportada por BASF de Guatemala, en especial al Ingeniero Gregorio Ordoñez Cadenas, por darme la oportunidad de haber realizado mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en dicha institución, por confiar en mi trabajo dándome enseñanzas para la vida.

A los ingenieros, Alex Pacheco, Ergil López, Josué España y Byron Moya, por su apoyo, consejos, charlas amenas y amistad a lo largo del proceso de EPS, que en lo personal los guardo con gratos recuerdos y que hoy en día los tomo como puntos de fortaleza en mi vida profesional.

A todo el personal del ingenio San Diego, que desde el primer día mostraron su calidad de personas y capacidad para realizar los trabajos.

A los ingenieros Werner Cruz, José Luis Tuchan por su apoyo y amistad incondicional.

A mi supervisor Dr. Marco Vinicio Fernández por su apoyo, su dedicación y tiempo brindado en todo mi EPS. Dios lo bendiga.

A mi asesor Ingeniero Manuel Martínez por todo su apoyo, amistad y dedicación durante todo este tiempo no solo en mi EPS si no en mi vida. Muchas gracias Dios lo bendiga siempre.

A Jairo Gómez, por su cariño, apoyo y dedicación, por nunca dejarme sola en todo este tiempo. Dios te bendiga grandemente moxi.

A la familia Paz Moreno, en especial a Carolina Moreno, Manuelito y Luzma por abrirme las puertas no solo de su hogar si no de su corazón mil gracias.

A la agroindustria azucarera de Guatemala y a las personas que me brindaron su amistad



## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
CAPÍTULO I .....	1
1.1 Presentación .....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL .....	2
1.2.3 Ubicación.....	2
1.2.3 Clima .....	3
1.2.4 Suelos .....	5
1.2.4.1 Material parental.....	5
1.2.5 Clasificación de los suelos de la región.....	5
1.2.5.1 Mollisoles.....	6
1.2.5.2 Andisoles.....	6
1.2.5.3 Entisoles.....	6
1.2.5.4 Inceptisoles .....	7
1.2.5.5 Alfisoles .....	7
1.2.5.6 Vertisoles.....	7
1.3 Siembra Convencional .....	7
1.4 Siembra con Labranza mínima.....	8
1.5 Preparación del suelo.....	8
1.5.1 Arado.....	8
1.5.1 Volteo .....	8
1.5.2 Pulido .....	9
1.5.3 Subsolado .....	9
1.5.4 Surcado .....	10
1.5.5 Tarjeteado y estaquillado .....	10
1.6 Siembra.....	10
1.6.1 Semilleros.....	10
1.6.2 Manejo de áreas antes de la siembra de Semilleros.....	11
1.6.3 Tratamiento Hidrotérmico .....	11
1.6.4 Criterios de calificación de semilleros por categorías.....	12
1.7 OBJETIVOS .....	13
1.7.1 General.....	13
1.7.2 Específicos .....	13
1.8 METODOLOGÍA.....	13
1.8.1 Descripción de los sistemas de siembra .....	13
1.8.2 Identificación de las principales limitantes.....	13

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
1.9 Resultados .....	14
1.9.1 Siembra comercial.....	14
1.9.2 Calidad de la semilla .....	14
1.9.3 Densidades y sistemas de siembra.....	14
1.9.3.1 Método de surco simple .....	14
1.9.3.1.1 Ventajas .....	15
1.9.3.1.2 Desventajas.....	15
1.9.3.2 Método de surco doble .....	15
1.9.3.2.1 Ventajas .....	16
1.9.3.2.2 Desventajas.....	16
1.10 CONCLUSIONES.....	16
1.11 BIBLIOGRAFÍA .....	18
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>19</b>
2.1 Presentación .....	20
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	21
2.3 MARCO TEÓRICO.....	23
2.3.1 Marco conceptual .....	23
2.3.1.1 Morfología de la caña de azúcar .....	23
2.3.1.1.1 La raíz .....	23
2.3.1.1.2 El tallo.....	23
2.3.1.1.3 Las hojas .....	24
2.3.1.1.4 La flor .....	24
2.3.1.2 Fotosíntesis .....	24
2.3.1.3 Etapas fisiológicas del cultivo de caña de azúcar .....	25
2.3.1.3.1 Establecimiento (brotación y emergencia 30 – 50 días).....	26
2.3.1.3.2 Crecimiento vegetativo, amacollamiento, elongación del tallo y cierre de la plantación (50 -70 días).....	27
2.3.1.3.3 Crecimiento rápido e incremento del rendimiento (180 - 220 días).....	27
2.3.1.3.4 Maduración (60 – 140 días).....	28
2.3.1.3.5 Cosecha .....	29
2.3.1.4 Requerimientos nutricionales .....	31
2.3.1.5 Factores climáticos.....	32
2.3.1.5.1 Lluvia .....	32
2.3.1.5.2 Temperatura.....	33
2.3.1.5.3 Humedad relativa .....	33
2.3.1.5.4 Luz Solar .....	34
2.3.1.6 Requerimientos edáficos.....	36

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
2.3.1.7 Densidad de tallos .....	37
2.3.2 MARCO REFERENCIAL .....	38
2.3.2.1 Ubicación del ensayo .....	38
2.3.2.2 Variedad CP72 – 2086 .....	39
2.3.2.3 Pyraclostrobin.....	39
2.3.2.3.1 Composición química .....	40
2.3.2.4 Kelpak .....	41
2.4. OBJETIVOS .....	42
2.4.1 Objetivo General .....	42
2.4.2 Objetivos Específicos .....	42
2.5. HIPÓTESIS .....	42
2.6. METODOLOGÍA.....	43
2.6.1 Diseño e instalación del ensayo .....	43
2.6.1.1 Número y descripción de tratamientos .....	43
2.6.2 Unidad experimental.....	44
2.6.3 Diseño experimental.....	44
2.6.4 Manejo del Experimento.....	44
2.6.5 Análisis de la información.....	44
2.6.6 Croquis del ensayo.....	45
2.6.7 Variables de respuesta.....	46
2.6.7.1 Población.....	46
2.6.7.2 Altura de planta .....	46
2.6.7.3 Diámetro.....	46
2.6.7.4 Rendimiento de caña (TCH).....	46
2.6.7.5 Rendimiento de azúcar (TAH) .....	46
2.7. Resultados y Discusión .....	47
2.7.1 Índice biométrico .....	47
2.7.1.1 Población.....	47
2.7.1.2 Altura .....	49
2.7.1.3 Diámetro.....	50
2.7.1.4 Rendimiento en toneladas de caña por hectárea TCH.....	52
2.7.1.5 Rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea TAH.....	54
2.7.1.5 Costos de producción.....	56
2.8 CONCLUSIONES.....	57
2.9. RECOMENDACIONES .....	58
2.10. BIBLIOGRAFÍA .....	59

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>CAPÍTULO III</b> .....	62
3.1 PRESENTACIÓN .....	63
3.2 Área de influencia.....	63
3.3 Objetivo general .....	64
3.4 Servicios prestados .....	64
3.4.1 Servicio 1: Evaluación de la Brotación de yemas y desarrollo de plantía de caña de azúcar (Saccharum spp.) con la aplicación de diferentes productos al momento de la siembra en Ingenio Magdalena. ....	64
3.4.1.1 Introducción .....	64
3.4.1.2 Definición del problema .....	65
3.4.2 Objetivos .....	66
3.4.3 Metodología.....	66
3.4.3.1 Condiciones Experimentales .....	66
3.4.3.1.1 Materiales y Métodos .....	66
3.4.3.2 Diseño y tamaño de unidades experimentales.....	67
3.4.4. Tratamientos y dosis .....	67
3.4.4.1 Aplicación de los tratamientos .....	68
3.4.5. Variables respuesta.....	68
3.4.6 Análisis de la Información.....	68
3.4.7. Resultados .....	69
3.5.1 Análisis biométrico.....	74
3.4.8. Conclusiones.....	75
3.5 Servicio 2: Evaluación de la Brotación de yemas, desarrollo foliar y desarrollo de raíces en caña de azúcar (Saccharum spp.) con la aplicación de Diferentes productos al momento de la siembra con empleo de peceras de vidrio en Ingenio Magdalena. ....	76
3.5.1 Introducción.....	76
3.5.2. Definición del problema .....	77
3.5.3. Objetivos .....	77
3.5.4 Metodología.....	78
3.5.5 Condiciones Experimentales .....	78
3.5.5.1 Materiales y Métodos .....	78
3.5.6 Diseño y tamaño de unidades experimentales.....	78
3.5.7 Tratamientos y dosis .....	79
3.5.7.1 Aplicación de los tratamientos.....	79
3.5.8 Variables respuesta.....	79

**PÁGINA**

3.5.9 Análisis de la Información.....	80
3.6. Resultados.....	80
3.7. Conclusiones.....	87
3.8. Bibliografía .....	88

**Índice de figuras**

Figura 1. Ubicación Geográfica de la zona cañera de la costa sur de Guatemala.....	3
Figura 2. Estratos altitudinales de la zona cañera.....	4
Figura 3. Fases Fenológicas del cultivo de caña de azúcar.....	25
Figura 4 Cosecha y pesaje de caña.....	29
Figura 5. Mecanismo de la fotosíntesis en caña de azúcar.....	35
Figura 6. Modelo conceptual de la Formación De biomasa en caña de azúcar.....	36
Figura 7 Densidad de tallos según fase fenológica.....	37
Figura 8: Ubicación donde se estableció el ensayo de pyraclostrobin y kelpak.....	38
Figura 9. Estructura química de pyraclostrobin.....	40
Figura 10 Croquis de campo.....	45
Figura 11 Población a los 150 DDS para los tratamientos evaluados.....	48
Figura 12 Altura a los 150 DDS para los tratamientos evaluados.....	50
Figura 13 Diámetro A los 150 DDS para los tratamientos evaluados.....	51
Figura 14 Productividad de caña por hectárea (TCH).....	53
Figura 15 Rendimiento de azúcar hectárea (TAH).....	55
Figura 16 Siembra de toletes con los distintos tratamientos.....	69
Figura 17 Yema con daño por enfermedad.....	69
Figura 18 Brotación de yemas a los 10 DDS.....	70
Figura 19 Número de yemas brotadas a los 13 DDS.....	70
Figura 20 Yemas con tratamiento hidrotérmico.....	72
Figura 21 Altura de plantas según tratamiento.....	74
Figura 22 Diámetro de plantas según tratamiento.....	74
Figura 23 Siembra de esquejes con los distintos tratamientos.....	80
Figura 24. Testigo (T1).....	81
Figura 25. T2 Pyraclostrobin.....	81
Figura 26 T3 Pyraclostrobin.....	81
Figura 27. T4 BAS 703 02 F.....	82
Figura 28. Peso de raíz y área foliar.....	82

**PÁGINA**

Figura 29. Porcentaje de yemas brotadas según tratamiento evaluado.....	83
Figura 30 Peso de raíz de caña de azúcar en gramos.....	83
Figura 31. Longitud de raíz principal del cultivo de caña de azúcar.....	84
Figura 32. Peso hojas bandera en gramos de caña de azúcar.....	85
Figura 33 Peso follaje de caña de azúcar según tratamientos evaluados.....	86

**Índice de Cuadros**

Cuadro 1. Características climáticas en la zona cañera.....	4
Cuadro 2límites máximos permisibles según categoría de semillero.....	12
Cuadro 3 Época de cosecha ideal para cada variedad de caña de azúcar según estrato.....	17
Cuadro 4. Tecnologías de manejo disponibles en el campo cañero según la fase del cultivo y los efectos que producen.....	30
Cuadro 5. Extracción estimada de macro nutrientes de la caña de azúcar en Kg/Tm de caña producida.....	31
Cuadro 6 Tratamientos y aplicaciones a evaluar.....	43
Cuadro 7. Población a los 150 DDS para los tratamientos evaluados.....	47
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable población.....	48
Cuadro 9 Altura según tratamientos a los 150 DDS.....	49
Cuadro 10 Análisis de varianza para la variable altura en caña de azúcar.....	49
Cuadro 11. Diámetro de tallos de caña de azúcar variedad CP 72-2086.....	51
Cuadro 12 Análisis de varianza para la variable diámetro en caña de azúcar.....	51
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable toneladas de caña.....	52
Cuadro 14. Prueba de medias para la variable TCH.....	53
Cuadro 15 Análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar/Ha.....	54
Cuadro 16. Prueba de medias para la variable toneladas de azúcar por hectárea.....	55
Cuadro 17 Tratamientos y dosis evaluadas con tratamiento hidrotérmico.....	67
Cuadro 18 Tratamientos y dosis evaluadas sin tratamiento hidrotérmico.....	67
Cuadro 19 Análisis de varianza para la variable % de brotación en yemas sin Tratamiento Hidrotérmico.....	71
Cuadro 20. Prueba de media para la variable % brotación.....	71

Cuadro 21 Análisis de varianza para las yemas con tratamiento hidrotérmico .....	72
Cuadro 22 Prueba de medias para la variable % brotación en yemas con tratamiento hidrotérmico.....	73
Cuadro 23 Tratamientos y dosis evaluados .....	79
Cuadro 24 Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.....	84
Cuadro 25. Análisis de varianza peso hoja bandera .....	85

## RESUMEN GENERAL

El capítulo I está integrado por el diagnóstico titulado Caracterización de los principales sistemas de siembra comercial del cultivo de caña de azúcar, realizado en la costa sur de Guatemala. El diagnóstico fue la base principal y el punto de partida para lograr entender los actuales sistemas utilizados en la agroindustria azucarera.

El capítulo II se basó en la realización del trabajo de investigación, el cual se denominó Evaluación pyraclostrobin y kelpak, aplicados a la siembra y al follaje en la variedad CP 72- 2086 en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), se contó con la colaboración del área de investigación agrícola del ingenio San Diego S.A.

La investigación se realizó en la finca Santa Anita el Jobo, contando con 30 parcelas cada unidad experimental consto de de seis surcos a 1.4 m de distanciamiento por 10 m de largo haciendo un total por parcela de 84 m<sup>2</sup>.

Se evaluaron cinco tratamientos con seis repeticiones. Los tratamientos se establecieron de la siguiente forma: un testigo absoluto y cuatro tratamientos de pyraclostrobin en mezcla con Kelpak aplicados en distintas dosis y épocas, iniciando desde los cero días hasta los 70 días. Obteniendo mejor rendimiento los tratamientos con pyraclostrobin con 108.78 ton/ha y 16.8 TAH y el testigo 75.44 toneladas de caña 10.98 toneladas de azúcar.

El capítulo III está enfocado en la realización de los servicios prestados al departamento de investigación y desarrollo. Estos servicios fueron distribuidos en la recolección y análisis de datos, así como la participación de todos los ensayos establecidos en el periodo del ejercicio profesional supervisado (EPS).

El primer servicio consistió en la evaluación de diferentes productos para la brotación de yemas y desarrollo de caña plantía. El segundo consistió en la evaluación de productos codificados para la brotación de yemas, desarrollo foliar y radicular con empleo de peceras de vidrio en el cultivo de caña de azúcar.





## **1.1 Presentación**

El presente diagnóstico contiene un análisis de los sistemas de siembra comercial utilizados en el cultivo de caña de azúcar a fin de conocer en que consiste cada sistema ventajas y desventajas del mismos así como conocer las principales limitantes en cuanto a siembra del cultivo se refiere.

Al hablar de siembra comercial se tiene que disponer de semilla de caña que contenga una pureza genética alta (%), un material que este libre o tener una mínima incidencia de patógenos, plagas y que responda a las características de la variedad que se desea multiplicar la cual debe presentar una elevada capacidad de brotación.

El objetivo principal del diagnóstico fue caracterizar los sistemas de siembra comercial utilizados actualmente en el cultivo de la caña de azúcar haciendo énfasis en la descripción del manejo de siembra comercial y se identificaron las principales limitantes de la siembra de la caña de azúcar. Se realizaron entre vistas al personal técnico de la zona y se identificaron, los principales problemas a resolver, para el mejor desarrollo del manejo productivo del cultivo.

## **1.2 MARCO REFERENCIAL**

### **1.2.3 Ubicación**

Como se sabe, el 99.7% del área de la agroindustria azucarera de Guatemala se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 91°50'00"- 90°10'00" longitud Oeste y 14°33'00"-13°50'00" latitud Norte. Geopolíticamente está localizada en los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y actualmente se está expandiendo hacia el departamento de Jutiapa. La ubicación se presenta en la figura 1. (CENGICAÑA, 2012)

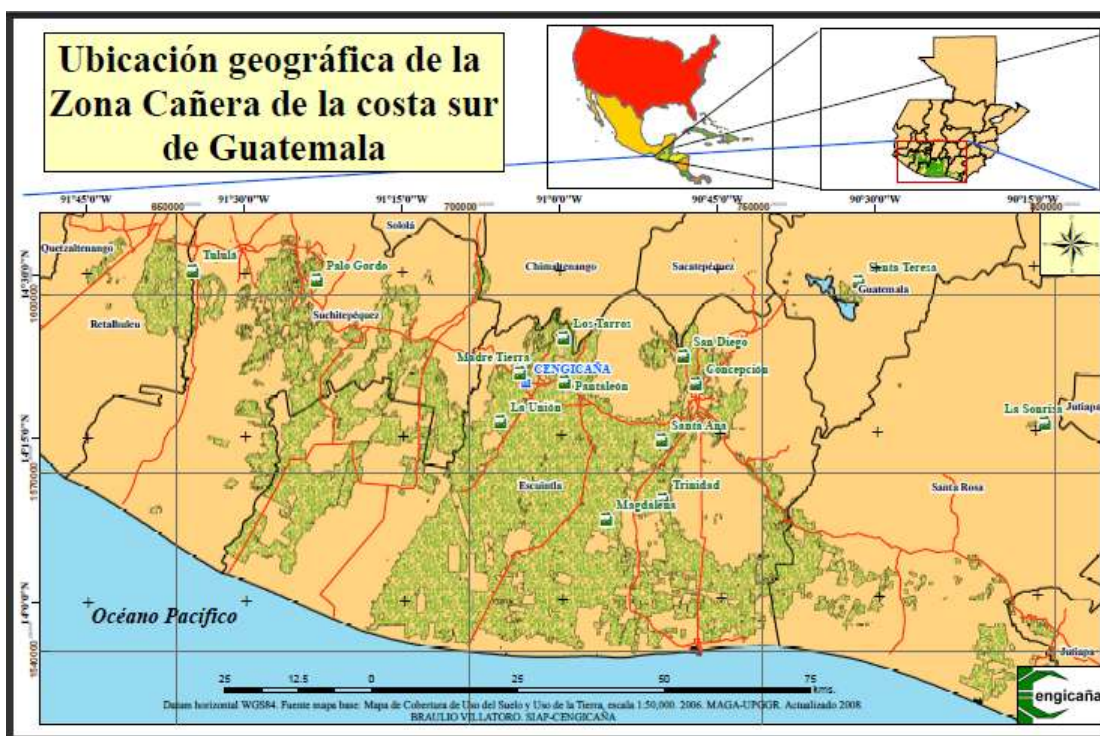


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona cañera de la costa sur de Guatemala

### 1.2.3 Clima

La zona cañera de Guatemala se ha dividido en cuatro estratos, con base en su posición altitudinal expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm). La posición altitudinal de la zona cañera de Guatemala está asociada a variaciones climáticas y de suelo, debido a que la fisiografía de la región corresponde a un paisaje natural de planicie de pie de monte y forma un plano inclinado, que se inicia con pendientes de 7 a 25% cerca de la cadena montañosa, con el relieve ondulado o de lomerío y va descendiendo suavemente hacia la costa del Pacífico con relieve plano (CENGICAÑA, 1996). El estrato alto está localizado en la zona superior a los 300 msnm; el estrato medio entre 100 y 300 msnm; el estrato bajo entre 40 y 100 msnm y el estrato litoral se localiza entre 0 y 40 msnm. La ubicación de los cuatro estratos se presenta en la figura 2 y las características climáticas por estrato se presentan en el cuadro 1.



Figura 2. Estratos altitudinales de la zona cañera

Cuadro 1. Características Climáticas en la zona cañera

Estrato	Altitud (msnm)	PP (mm/año)	T° (°C)			Radiación Solar (MJ/m <sup>2</sup> /día)	Velocidad Media del viento (km/h)
			Min.	Med.	Max.		
Alto	>300	4100	20.2	26.2	32.2	17.7	5.2
Medio	100-300	3700	20.5	26.7	32.2	17.3	6.8
Bajo	40-100	1900	21.2	27.3	33.8	18.4	6.2
Litoral	0 – 40	1500	21.0	27.5	33.4	18.0	8.7

El comportamiento de las variables radiación solar y temperatura es mayor en las cercanías a la costa y disminuye conforme se asciende la zona cañera. Caso contrario, la precipitación pluvial disminuye conforme se desciende a la costa.

Las lluvias en la zona se disminuyen en dos estaciones: época lluviosa (invierno) que ocurre entre mayo y octubre; en tanto que en junio y septiembre registran la mayor precipitación también, pero existe un periodo de canícula de 15 días entre julio y agosto. La época no lluviosa (verano) se marca entre octubre y mayo; los cuales coinciden con el periodo de zafra. (CENGICAÑA, 2012)

## **1.2.4 Suelos**

### **1.2.4.1 Material parental**

El material sobre el cual se han desarrollado los suelos de la región cañera está principalmente constituido por cenizas, lapilli, pómez y otros materiales piroclásticos, derivados de las erupciones volcánicas ocurridas en diferentes épocas, principalmente durante la cuaternaria (CENGICAÑA, 1996).

Las características mineralógicas y granulométricas de los materiales varían de un lugar a otro, según su localización geográfica, considerada, básicamente en relación con las distancias al cono volcánico. La alófana es el mineral predominante en los suelos en las partes alta y media, en tanto que en las partes más bajas hay presencia de Halosita y arcilla tipo 2:1 probablemente Esmectita, en estas partes bajas al occidente y oriente de la región.

### **1.2.5 Clasificación de los suelos de la región**

En la región existen seis órdenes de suelos, nueve subórdenes, 13 grandes grupos, 25 subgrupos y 37 familias. En orden de importancia por el área que ocupan los órdenes de los suelos son: Mollisoles, Andisoles, entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Vertisoles.

Las principales características de los seis órdenes de suelos se describen a continuación.

### **1.2.5.1 Mollisoles**

Ocupan el 40% del área. Se encuentran principalmente en la zona litoral cerca de la planicie costera, en relieve plano y ligeramente plano. Son suelos medianamente evolucionados con horizontes ABC y AC. Presentan un horizonte superficial de espesor variable y de color oscuro con contenidos medios de materia orgánica (MO). Presentan una saturación de bases mayor del 50% en todo el perfil con un grado de estructuración de moderado a fuerte. En su mayoría son suelos de texturas francas y franco arenosas, con subsuelo frecuentemente arenoso.

### **1.2.5.2 Andisoles**

Ocupan el 26% del área y predominan en las zonas altas y medias de la región y en algunas partes de la zona baja. Son suelos poco evolucionados derivados de ceniza volcánica, oscuros, con altos contenidos de MO y de baja densidad aparente y consistencia friable a suelta. Estos suelos tienen excelentes propiedades físicas con texturas francas y franco arenosas. Desde el punto de vista químico, tienen ciertas limitaciones como la alta retención de fosfatos y sulfatos.

### **1.2.5.3 Entisoles**

Son los suelos menos evolucionados presentes en la región, con horizontes AC, y ocupan el 16% del área. Los mismos se encuentran en los valles y explayamientos aluviales en forma de fajas angostas en las partes medias y bajas con ampliaciones en el litoral en la planicie costera. Tienen poca o ninguna evolución y muy poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos. En su mayoría son suelos permeables de texturas gruesas y arenosas. El subsuelo de los entisoles generalmente es arenoso y son suelos que presentan déficit de agua en el verano.

#### **1.2.5.4 Inceptisoles**

Estos suelos ocupan el 11% del área y se ubican principalmente en la zona media y baja de la región. Se han desarrollado principalmente sobre materiales arcillosos mezclados con cenizas volcánicas y fragmentos de roca. Son suelos medianamente evolucionados con complejo de cambio saturado (< 50%) con estructuras bien desarrolladas y de texturas medias y arcillosas sobre subsuelos arcilloso.

#### **1.2.5.5 Alfisoles**

Ocupan solamente un 1.6% de los suelos del área y se localizan en las partes medias y bajas de los abanicos antiguos en relieve ondulado a ligeramente ondulado. Estos suelos se caracterizan por tener un horizonte B argílico, en donde la parte de la arcilla de los horizontes superiores del perfil migró hacia el subsuelo. Son de textura arcillosa con horizontes masivos y compactos.

#### **1.2.5.6 Vertisoles**

Ocupan una mínima extensión en el área (0.5%) y son suelos más evolucionados de perfil ABC. Se caracterizan por su alto contenido de arcilla especialmente montmorillonita, lo cual hace que se agrieten fuertemente en la época y se hinchan en la estación lluviosa. (CENGICAÑA, 2012).

### **1.3 Siembra Convencional**

Este tipo de labranza se puede realizar inmediatamente después de la cosecha, consiste en rastrear el campo de cultivo a fin de eliminar toda la caña vieja ó caña soca presente, posterior a ello se pasa un arado en el campo de cultivo, para eliminar las cepas viejas de caña y airear el suelo. Posterior al paso del subsolado se realiza el arado y la rastra al suelo y se surquea, para depositar la semilla de caña, en los surcos nuevos.

#### **1.4 Siembra con Labranza mínima**

Consiste en eliminar la caña vieja por medio de una aplicación de herbicida, esta aplicación se realiza diez días después de haber germinado la caña que se quiere eliminar. Posterior a la aplicación del herbicida se realiza el subsolado y surquea entre surco de la caña vieja, para depositar la semilla asexual en los surcos.

#### **1.5 Preparación del suelo**

La preparación del suelo puede darse desde el momento de establecimiento de una nueva plantación y la renovación de un cañal, en general y en su orden, la secuencia de las labores sería un paso con arado de cincel, luego el volteo con rastro arado, un primer pulido con una rastra, luego el subsolado común subsolador, seguidamente un segundo pulido y por último el surcado.

La función de cada labor es muy similar y son las siguientes.

##### **1.5.1 Arado**

La función principal es remover el suelo a una profundidad no mayor de 45 centímetros en suelos francos y 30 centímetros en suelos arcilloso. El arado corta, levanta y remueve la capa superficial del suelo, enterrando el rastrojo y residuos de cosecha, aireando el suelo a través de incrementar la porosidad del mismo y permitiendo un beneficioso control de malezas, enfermedades e insectos. (Campollo, 1999). Además realiza la función de eliminar la caña vieja en el caso de una renovación.

##### **1.5.1 Volteo**

El volteo se realiza con el implemento llamado “rastro arado”. Consiste en cortar levantar y voltear el suelo con el propósito de destruir el cultivo anterior, ayuda a controlar las malezas existentes, las plagas del suelo y laborar el suelo a profundidades mayores de 20



centímetros, para permitir el establecimiento y desarrollo del cultivo. La profundidad de esta labor debe ser mayor en por lo menos 0.05 m a la profundidad del surcado, para garantizar que la semilla quedará sobre suelo laborado.

El rastro arado se puede dirigir a dos tipos de suelo: a) áreas con pendiente media a quebradas o con presencia de piedras y b) áreas planas libre de piedras.

### **1.5.2 Pulido**

Se realiza con el instrumento conocido como rastra. El objetivo de esta labor es roturar y fraccionar los terrones producidos en el volteo o en el subsuelo, destruir e incorporar residuos vegetales y ayudar en el control de plagas del suelo. Un pulido de calidad asegura un mejor contacto entre suelo y semilla, lo que garantiza una buena germinación, así como una alta efectividad de los herbicidas. Sus principales funciones son desmenuzar los terrones que quedan después de las actividades anteriores, ayudar a destruir las cepas del cultivo anterior, a controlar las plagas del suelo, las malezas, hasta cierto punto ayuda a emparejar las protuberancias que quedan de las labores anteriores y a laborar el suelo entre 15 y 21 centímetros para conformar una cama de suelo, en la que la semilla puede germinar y emerger sin mayores dificultades.

### **1.5.3 Subsulado**

Esta labor se realiza con la finalidad de eliminar las capas compactadas e impermeables mediante su fragmentación, situación producida por el uso de la maquinaria en las aéreas mecanizables.

La compactación tiene efectos negativos que disminuyen la velocidad de infiltración, el drenaje interno, el desarrollo radicular (causa volcamiento en zonas con viento fuerte), el espacio poroso y además aumenta la erosión laminar.

En aéreas muy compactadas es aconsejable realizar dos veces el subsulado en forma cruzada. La mejor condición para hacerlas es cuando el suelo se encuentre seco o ligeramente húmedo, ya que la fragmentación es mucho mejor que cuando el suelo está húmedo.

Mediante esta labor se mejora la aeración, la infiltración del agua de lluvia es más rápida, se reduce la erosión y se mejora el drenaje. También debe emplearse con frecuencia en suelos arcillosos de difícil preparación.

#### **1.5.4 Surcado**

Los surcadores utilizados en caña de azúcar constan de 2, 3 o hasta 4 cuerpos o zanjadores, dependiendo de la potencia del tractor con que se hace la labor. Los cuerpos están distanciados 1.5 ó 1.75 m entre centros dependiendo de la distancia de siembra utilizada, y a profundidades de 0.15 ó 0.25 m en labranza convencional, y de 0.25 a 0.35 m para siembras de humedad. El propósito es preparar una cama de suelo, en el que la semilla pueda acomodarse, germinar, emerger adecuadamente y permitir el desarrollo del cultivo. (Subirós, 1995).

#### **1.5.5 Tarjeteado y estaquillado**

El tarjeteado se realiza a cada 5 surcos y consiste en dejar una estaca a cada 10 metros ya que en estos metros se debe de agotar un paquete de semilla. Cada estaca tiene una tarjeta con la información de la cantidad de paquetes de semilla que se dejan por estaca, para luego distribuirlos dentro de los surcos. El costo que representa la semilla por paquete es de Q.4.27 por lo cual se debe de considerar el distanciamiento al momento de la siembra.

### **1.6 Siembra**

#### **1.6.1 Semilleros**

Para obtener semilla de buena calidad deben establecerse áreas dedicadas exclusivamente a este fin, manejados con prácticas adecuadas para garantizar la buena calidad del material de siembra. El área de los semilleros debe ser aproximadamente la decima parte de lo que se planea renovar, la época de siembra del cultivo determina el

momento de establecimiento del semillero. Las áreas para este propósito deben seleccionarse según las condiciones químicas y físicas del suelo, disponibilidad de agua y ubicación con respecto a las áreas que se renovarán. (Victoria y Calderón, 1995).

En el plan de renovación anual debe considerarse tres tipos de semilleros: semillero básico, semicomercial y comercial.

### **1.6.2 Manejo de áreas antes de la siembra de Semilleros**

Antes de plantar semilleros de caña de azúcar se recomienda la ubicación de áreas, cuyo rendimiento potencial de caña esté por encima del promedio de la finca e idealmente con disponibilidad de riego.

Es conveniente dividir el área en tres partes: un tercio para semilleros en primera soca, un tercio para semilleros en plantía y un tercio en descanso en espera de la siguiente plantía. El manejo adecuado de plantaciones anteriores evita la presencia de restos de cosecha o macollas, que podrían estar afectadas con patógenos causantes de enfermedades. Para ello se recomienda la requema de rastrojos de la cosecha anterior, cuando la basura esté seca. Posteriormente, se deben matar las cepas de la variedad anterior, con herbicida, 35 a 40 días después de la cosecha. La dosis recomendada es de 4 a 5 litros por hectárea de Glifosato (Montepeque, 2007).

### **1.6.3 Tratamiento Hidrotérmico**

Para el control de patógenos sistémicos. Como los causantes de las enfermedades Raquitismo de las socas (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) y Escladadura foliar (*Xanthomonas albilineans*) es importante el tratamiento hidrotérmico. Para *L. xily* se recomienda los siguientes tratamientos: a) tratamiento por inmersión en agua caliente a 51°C por 10 minutos, seguido por un reposo fuera del agua durante 8 a 12 horas y, finalmente inmersión en agua caliente a 51°C por una hora; b) inmersión en agua caliente a 52°C por 30 minutos. En ambos casos deberá usar trozos de semilla con una o dos yemas. Si hay antecedentes de pudrición de los trozos de semilla por infecciones por hongos del suelo es conveniente que después del tratamiento con agua caliente se protejan los cortes,

haciendo inmersión en fungicida (Carboxin+Captán) a 25 g/galón y de insecticida (Fipronil) a 8 cc por inmersión durante 2 minutos (Azañón *et al.*, 2005).

Para *X. albilineans* se recomienda la inmersión de trozos de una o dos yemas en un flujo constante de agua, a temperatura ambiente durante 48 horas, luego los trozos se sumergen en agua a 50°C por tres horas

#### 1.6.4 Criterios de calificación de semilleros por categorías

Tomado en cuenta los resultados de análisis de laboratorio, a siete meses de edad (incidencias de Raquitismo de las socas y Escaldadura foliar), evaluaciones de campo a los cuatro meses de edad (pureza genética, incidencia de carbón, roya marrón, roya naranja y Mosaico) y otros factores. Se definirá si un semillero califica como fuente de material para el establecimiento de la siguiente categoría de semillero o para la siembra comercial. Los criterios en pureza genética y enfermedades sugeridos para la categorización de semilleros se puede observar en el cuadro 2.

**Cuadro 2 Límites máximos permisibles según categoría de semillero**

CRITERIOS	Categoría de semillero		
	Básico	Semicomercial	Comercial
Pureza genética %	99	99	99
RSD	≤ 2	≤ 2	≤ 4
Carbón	0	0	0
Escaldadura	≤ 2	≤ 2	≤ 4
Roya marrón	≤10/5	≤10/5	≤10/5
Roya naranja	≤10/5	≤10/5	≤10/5
Mosaico	<1	≤ 5	≤ 5

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 General**

Caracterizar los sistemas de siembra comercial utilizados actualmente en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*)

### **1.7.2 Específicos**

- Describir los diferentes sistemas de siembra comercial en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*).
- Identificar las principales limitantes de siembra comercial de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

## **1.8 METODOLOGÍA**

Para realizar el presente diagnóstico, se recopiló información de fuentes primarias y secundarias realizando los siguientes pasos:

### **1.8.1 Descripción de los sistemas de siembra**

Se definieron y describieron las fases principales del manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar: tipos de siembra así como labores de manejo del cultivo.

### **1.8.2 Identificación de las principales limitantes**

Al momento de la descripción de las fases de siembra del cultivo de caña de azúcar por parte del personal técnico de la zona, se les consultó si existía alguna dificultad en el proceso de siembra.

Posterior a ello se realizaron entrevistas para determinar en consenso con el personal los principales problemas en las fases del manejo de siembra del cultivo de la caña de azúcar como lo son aumento en el costo de la semilla, la disponibilidad de área para la siembra entre otros.

## **1.9 Resultados**

### **1.9.1 Siembra comercial**

El cultivo comercial de la caña de azúcar se caracteriza por producir varios años, a partir de una siembra. Esta situación hace importante considerar varios factores que intervienen en la fase inicial del cultivo, de los cuales dependerá un buen desarrollo y la obtención de una buena cosecha. Por ello es necesario considerar, además de la preparación del suelo y los semilleros la siembra de la caña de azúcar.

La siembra incluye la obtención de la semilla de los semilleros , la distribución de la semilla en el surco, el tapado o cubrimiento de la semilla con suelo, la aplicación de riego de germinación y la evaluación de la población (brotes) en la fase inicial. (Subiros, 1995).

### **1.9.2 Calidad de la semilla**

La semilla debe reunir diferentes características, como, la calidad genética (pureza varietal), sanitaria (libre de enfermedades y plagas), física (vigor del tallo, sin daños mecánicos, contaminantes y otros) y fisiológica (Tarenti, 2004).

Para la calidad fisiológica se debe considerar: edad de la semilla idealmente de 7 meses, yemas en buen estado y con buen poder germinativo, tiempo entre el corte y siembra. Estos elementos tienen que ser considerados en todo el proceso de producción de los semilleros, en donde al final se evalúan para definir si cumplen requisitos necesarios para su uso.

### **1.9.3 Densidades y sistemas de siembra**

#### **1.9.3.1 Método de surco simple**

Es el más utilizado en Guatemala. Se deben preparar paquetes de semilla de 30 esquejes con longitud aproximada de 0.60 m y de preferencia con 3-4 yemas por esqueje. La distancia entre surco puede variar entre 1.5 y 1.75 m, dependiendo de la topografía, potencial de producción del campo, altitud, variedad y otros factores como el tipo de

cosecha y la disponibilidad de maquinaria adecuada para cada caso. La siembra se realiza manualmente y los esquejes se pueden distribuir en diferentes modalidades siendo una de ellas la de cadena doble tapada, con la cual se logra ubicar aproximadamente 15 yemas viables por metro lineal cuando la semilla es de buena calidad, garantizando de esta manera una buena densidad poblacional en los surcos.

El distanciamiento para distribuir un paquete de 30 esquejes de semilla en el surco (estaquillado) depende de la variedad y la calidad de la semilla, por lo regular son 9 m. según Orozco *et al.*, 2000 en estudios realizados por CENGICAÑA, se han demostrado que estaquillados a 12 m muestran resultados similares a los 9 m. la profundidad de siembra oscila entre 0.20 m y 0.35 m. en la siembra tradicional, la semilla debe quedarse tapada aproximadamente 0.05 m de suelo, mientras que las siembras de humedad la cobertura debe estar entre 0.10 m y 0.15m.

#### **1.9.3.1.1 Ventajas:**

El surcado es apto para la cosecha mecanizada y manual. Permite que la cosecha se realice mecánicamente sin dañar las cepas por el paso de maquinaria.

#### **1.9.3.1.2 Desventajas**

La principal desventaja en este método es la mayor incidencia de maleza debido a ello se tiene que recurrir a un control de las mismas ya sea mecanizado, manual o con el uso de herbicidas, otra desventaja es el botado de caña por acción del viento.

#### **1.9.3.2 Método de surco doble**

A este método se le conoce también como surco australiano o tipo piña. La distancia entre surcos simples de cada par de surcos puede ser entre 0.40 m y 0.70 m, y la distancia entre los pares de surcos puede variar entre 1.40 m y 1.80 m. Con este tipo de modificaciones se aumenta la densidad de tallos por hectárea.

### **1.9.3.2.1 Ventajas:**

Una de las principales ventajas es el rendimiento ya que este se eleva en un 20 % en comparación del surco simple. Lo cual se debe a mayor densidad de siembra ya que el número de metros lineales por hectárea se incrementan. Otra ventaja de siembra tipo piña es que se disminuye considerablemente la incidencia de maleza ya que el sombreado que ocasiona el amacollamiento de la planta no permite la aparición de las malas hierbas. Así como menos botado de caña por acción del viento.

### **1.9.3.2.2 Desventajas:**

Unas de las desventajas del uso de surco doble es el daño de cepas por corte mecanizado debido al distanciamiento que existe entre las ruedas y cuchillas de la maquinaria, así como también en el corte manual mayor uso de mano de obra debido a la densidad de siembra. Y en el caso que no se tuviera un control de plagas en este tipo de surcado si presenta un problema debido a que hay mayor foco de las plagas debido a la densidad de siembra de este método. Así mismo otra desventaja es el uso de más semilla que en el método de surco sencillo pero esto se compensa con los rendimientos obtenidos en toneladas por hectárea.

## **1.10 CONCLUSIONES**

Para garantizar una buena producción se deben contar con factores que ayuden a incrementar la misma y para ello se debe de tener un buen control desde la siembra del cultivo hasta su cosecha pero durante la siembra se presentan problemas como lo es una mala selección de la semilla, es decir semilla que no haya sido tratada contra agentes patógenos así como su tapado el tipo de suelo o estrato también presentan influencias así mismo hay que tomar en cuenta como lo son la variedad y una correcta ubicación de variedades por estrato altitudinal y por tercio de zafra. Como se muestra en el cuadro 3.



**Cuadro 3 Época de cosecha ideal para cada variedad de caña de azúcar según estrato**

VARIEDAD	ESTRATO			EPOCA DE COSECHA		
	ALTO	MEDIO	BAJO	PRIMER TERCIO	SEGUNDO TERCIO	TERCER TERCIO
CP.72-2086	NO	X	X	X	X	X
CP.73-1547	NO	X	X	X	NO	NO
CP.88-1165	NO	X	X	X	X	NO
CG.98-10	NO	X	X	NO	NO	X
Q.107	X	NO	NO	X	X	NO
NA.56-42	NO	X	X	NO	NO	X
SP.79-2233	X	NO	NO	X	X	NO

X = Se puede sembrar.  
No = No sembrar.



- La mayoría de las variedades con que trabaja la agroindustria azucarera son sanas o presentan una incidencia baja a las diversas enfermedades como lo son el carbón, la escaldadura, el mosaico, la roya, el amarillamiento foliar, lo que se ve favorecido porque en los ingenios cuentan con una planta de tratamiento térmico de semilla.

## 1.11 BIBLIOGRAFÍA

1. Azañón, V.; Portocarrero, E.; Solares, E.; Guevara, L.; Ovalle, W. 2005. Efecto de tres calidades de semilla en la producción de dos variedades de caña de azúcar. En: Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2004-2005. Guatemala, CENGICAÑA. pp.54-58.
2. Campollo, P. S. 1999. Fundamentos de mecanización agrícola para caña de azúcar. Ingenio Pantaleón. Guatemala. p 43.
3. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar (CENGICAÑA). 2009. Informe anual 2007-2008. Guatemala 87 p.
4. CENGICAÑA. 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Ingeniería del Campo Ltda. Compañía. Consultora Guatemala. 216 p.
5. CENGICAÑA. 2002. Grupos de Manejo de Suelos de la zona Cañera de Guatemala. *In*: Informe Anual 2001-2002. Guatemala, CENGICAÑA. pp 37-39.
6. CENGICAÑA. 2009. Estratificación de la zona cañera de Guatemala. En: Informe Anual 2007-2008. Guatemala, CENGICAÑA. pp 71-73
7. CENGICAÑA. 2012. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; y Espinosa, R. (eds.). Guatemala 512 p.
8. Rincones, C.; Gómez, R. 1984. Revista científica, caña de azúcar (en Línea). Revista científica, caña de azúcar. Venezuela. Consultado el 2 de marzo 2013. Disponible en [http://www.ceniap.gov.ve/RevistasCientificas/cana de azucar/cana0102/texto/comportamiento.htm](http://www.ceniap.gov.ve/RevistasCientificas/cana_de_azucar/cana0102/texto/comportamiento.htm)

The seal of the University of Carolina at Wilmington is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a book, surrounded by various heraldic symbols like lions and castles. The shield is set against a background of a rising sun over a green field. The outer ring of the seal contains the Latin motto: "CETERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

## CAPÍTULO II

**Efectos en el desarrollo de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a las aplicaciones foliares y al momento de la siembra de Pyraclostrobin y Kelpak**

## Capítulo II

**Developmental effects of CP 72-2086 variety of sugarcane (*Saccharum spp.*) To foliar applications and at the time of planting and pyraclostrobin Kelpak**

## 2.1 Presentación

La caña de azúcar *Saccharum spp.*, es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social en Guatemala, debido a que es una de las fuentes importantes de divisas y empleo, sobre todo actualmente, cuando el precio internacional ha incidido en cultivos como el café, disminuyendo sus exportaciones y demanda de mano de obra.

La zona de producción de caña en la costa Sur de Guatemala ha sido dividida en cuatro estratos altitudinales (zona litoral, zona baja, zona media y zona alta), para facilitar la investigación y generar conclusiones y recomendaciones puntuales respecto al manejo del cultivo, sobre todo en lo que a siembra se refiere, y al manejo que se le tiene que dar al cultivo durante las primeras etapas desde la aplicación de productos que garanticen una buena cosecha.

De esta forma se toman en cuenta los efectos fisiológicos producidos por Pyraclostrobin ya que este producto actúa sobre el metabolismo de la planta produciendo un efecto fisiológico que se pueden advertir a simple vista: el efecto verde, parejo e intenso en todo el cultivo, hojas más verdes, un mejor desarrollo del follaje, una planta más saludable y un producto final de mayor calidad. El otro efecto invisible del principio activo se logra a través de la respiración, ya que cuando la planta respira, consume energía, mientras que en el proceso de fotosíntesis, produce energía. La respiración y la fotosíntesis ocurren simultáneamente. Sin embargo la aplicación de Pyraclostrobin disminuye la respiración evitando la pérdida de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), además activa la acción de la enzima nitratoreductasa, de esta manera se reduce el gasto energético y la energía sobrante queda almacenada en la planta en forma de carbohidratos, (Castellanos, 2012).

Así mismo, simultáneamente con Pyraclostrobin se trabajó con el bioestimulante Kelpak, ya que es un producto orgánico con alto contenido de auxinas y relativamente bajo contenido de citiquininas. Esta dominancia sobre las citiquininas estimula la formación de

raíces de las plantas tratadas con Kelpak. Este aumento de puntos de crecimiento radicular, incrementa los niveles de citiquininas en las plantas tratadas, ya que este grupo de hormonas se desarrolla principalmente en los ápices de las raíces.

El mayor y mejor sistema radicular aumenta el follaje incrementando la producción y la calidad de las cosechas (Castellanos, 2012).

El ensayo se estableció en la finca Santa Anita El Jobo perteneciente, al ingenio San Diego lote 0105 pante 08 de estrato medio. Ubicación geográfica: 14°05'51.83" N 90°34'53.23" O.

Se seleccionó un área donde las condiciones de suelo no son las más favorables al cultivo, suelo pesado y pedregoso donde al cultivo le cuesta desarrollar el sistema radicular, por lo que no se obtiene muy buena producción en toneladas, la variedad utilizada fue la CP 72-2086.

## **2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El cultivo de la caña de azúcar es cada vez más complejo, debido principalmente al incremento de área que ha experimentado dicho cultivo, incremento que en las últimas décadas se ha acelerado, por ello en el establecimiento de un cultivo de caña de azúcar, la calidad de semilla es de gran importancia en el desarrollo posterior del cultivo y en su producción final.

El cultivo de la caña de azúcar muestra durante su desarrollo cuatro etapas: brotación, macollamiento, elongación y maduración (Castro y Montufar, 2004, Betzuitdenhot, *et al.*, 2003). La etapa de brotación comprende generalmente desde la emergencia hasta los 45 días después de la siembra. La etapa de macollamiento tiene una duración promedio de tres meses. La elongación ocurre en un período de seis meses; esta etapa es la más importante en términos de crecimiento del cultivo, la última etapa es la de maduración con una duración media de 45 días.

Es por ello que un cultivo comercial que se va aprovechar durante varios cortes requiere desde su inicio un manejo adecuado, que empieza con una buena preparación del suelo,

una buena selección de la semilla destinada para la siembra con yemas sanas y funcionales y de buen vigor (Buenaventura, 1990).

El ingrediente activo a evaluar actúa en la inhibición parcial de la respiración, existiendo una mejor asimilación del carbono, con lo cual la planta puede producir mayores reservas de carbohidratos, aumento de la actividad de la enzima nitrato reductasa, logrando mayor asimilación de nitrógeno. Así mismo disminuye la cantidad de etileno en las plantas, el cual se ve acelerado cuando la planta esté bajo estrés ante un agente biótico ó abiótico.

Con el fin de mejorar las condiciones previas al establecimiento se considera necesario evaluar Pyraclostrobin y Kelpak con los cuales se considera que se podrá mejorar la productividad.

## **2.3 MARCO TEÓRICO**

### **2.3.1 Marco conceptual**

#### **2.3.1.1 Morfología de la caña de azúcar**

La planta de caña de azúcar es una planta gramínea conformada por raíces, tallos, hojas y flores, es una planta C4, lo cual la hace muy eficiente en el aprovechamiento de energía para sus procesos fisiológicos.

##### **2.3.1.1.1 La raíz**

La raíz es la encargada de la absorción de agua y sales minerales, proporcionar anclaje y almacenar reservas, las raíces se originan directamente del tallo, son adventicias pudiendo ser primordiales y permanentes; las primordiales efectúan la absorción mientras que germinan las yemas e inicia el proceso de macollamiento, posteriormente son sustituidas por las raíces permanentes que son de mayor diámetro y longitud. Un 60% de las raíces se concentra en los primeros 20 centímetros de profundidad y más del 85% en los primeros 40 centímetros, lo que es considerado ventajoso para la adición de agua de riego en ese estrato (Soto, 1995).

El desarrollo radicular se ve afectado directamente por varios factores, siendo los más importantes: variedad, textura del suelo, compactación del suelo, disponibilidad de agua y efecto del nivel freático (Soto, 1995).

##### **2.3.1.1.2 El tallo**

El tallo es el órgano económicamente más importante, constituye un órgano de almacenamiento de carbohidratos y en el proceso extracción se obtiene la sacarosa y otros derivados. El tallo está constituido por nudos y entrenudos, en cada uno está inserta una hoja en forma alterna y en su parte distal se encuentra el meristemo apical. Los haces vasculares del tallo se distribuyen en menor número y de mayor diámetro en el centro y en

la periferia del tallo en mayor número y de menor diámetro, se encuentran rodeados de fibras que sirven como sostén (Soto, 1995).

### **2.3.1.1.3 Las hojas**

Las hojas son órganos especializados para realizar la fotosíntesis, respiración, transpiración e intercambio gaseoso, la lámina foliar de las hojas es ligeramente asimétrica contienen mayor número de estomas en el envés que en el haz, éstas están conformadas por la lámina, nervadura central, vaina, lígula y aurícula (Soto, 1995).

### **2.3.1.1.4 La flor**

La flor es una panícula abierta, cuya forma, color, tamaño y ramificación depende de la variedad. Está formada por un solo eje o raquis principal que a su vez se divide en ejes secundarios y terciarios. La inflorescencia se presenta en ciertas condiciones de edad, nutrición y clima, especialmente de foto período, temperatura y humedad, en este momento se modifica el patrón de crecimiento vegetativo e inicia el crecimiento reproductivo, aunque el alargamiento de los últimos entrenudos continúa. Las flores son hermafroditas aunque a veces auto estériles, formadas por un ovario y dos estigmas. La formación de flores tiene aspectos beneficiosos y negativos. La principal ventaja es que constituye material para realizar mejoramiento genético. La desventaja es la paralización del crecimiento, muchas veces asociado a la formación de corcho ya que disminuye el rendimiento y ocasiona pérdidas de sacarosa (Soto, 1995).

### **2.3.1.2 Fotosíntesis**

La fotosíntesis de las hojas de la planta de caña de azúcar, como en las plantas superiores:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Energía luminosa} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$ , es dependiente de las propiedades ópticas de las hojas son sobresaturados con luz, mientras condiciones de no saturación existen en lo profundo del dosel. Como consecuencia de esta saturación, a nivel planta, el rendimiento está limitado a la cantidad de luz absorbida, transmitida o reflejada al interior que se puede penetrar dentro de las hojas (De Lira et al. 2009 y



Solares, 2008). Con este fin, los mecanismos de fotones dentro de los tejidos foliares, hace necesario comprender fenómenos biológicos y las características estructurales de estos tejidos y sus componentes, factores como la presencia y distribución de pigmentos en el interior de los tejidos tienen un impacto significativo en cómo las hojas propagan y absorben la luz.

El desarrollo del área foliar (LAI o IAF; superficie o área de follaje sobre un metro cuadrado de suelo derivado de la fotosíntesis), es crucial para maximizar la captura de radiación solar y la acumulación de biomasa en el rendimiento cañero, ya fisiológicamente el desarrollo del dosel de caña de azúcar es lento en comparación con los demás cultivos anuales y la producción de sacarosa por año puede reducirse considerablemente si la temporada de cosecha se ve limitada por plagas u otros factores como deficiencia de nutrimentos y principalmente por estrés hídrico que genera pérdida de turgencia y una disminución de la tasa de crecimiento y pueden afectar severamente la productividad. Inman-Bamber (2005, 1993).

### 2.3.1.3 Etapas fisiológicas del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar tiene esencialmente cuatro fases de crecimiento: a) fase de establecimiento; la cual implica germinación y emergencia, ya sea en plantación (plantillas), o en rebrote o retoños (socas), de los cuales crecerán nuevos tallos (macollaje), b) fase de ahijamiento, formativa o reposo fisiológico, c) fase de crecimiento rápido, y c) fase de maduración y cosecha (Allen, 2006, Humbert, 1974).

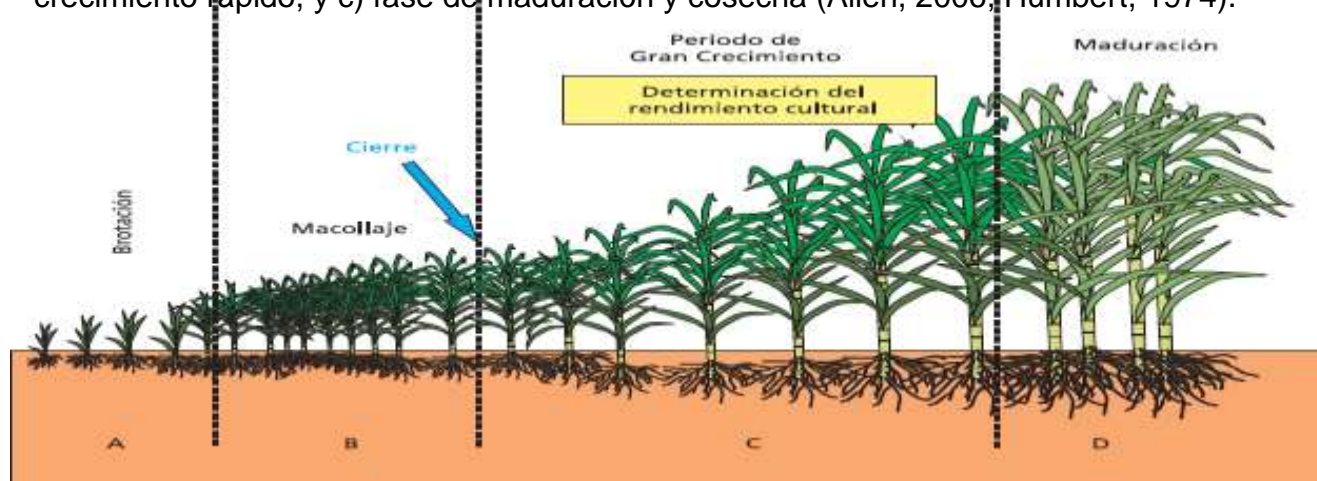


Figura 3. FASES FENOLOGICAS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Fuente: Cengicaña

### **2.3.1.3.1 Establecimiento (brotación y emergencia 30 – 50 días)**

La brotación se refiere a la iniciación del crecimiento a partir de las yemas presentes en los tallos plantados o en los que quedan en pie después de la cosecha del cultivo anterior. Durante esta fase es necesaria la disponibilidad adecuada de agua y el control de malezas. El déficit hídrico tiene un impacto significativo sobre el rendimiento de azúcar ya que propicia la reducción de la densidad de población de adultos debido al nuevo e insuficiente sistema de raíces pequeñas y poco profundas (Barbieri, 1993).

La brotación de las yemas es influenciada por factores externos e internos. Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo. Los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional. La brotación produce una mayor respiración y por eso, es importante tener una buena aireación del suelo. Por esta razón, los suelos abiertos, bien estructurados y porosos permiten una mejor germinación. Bajo condiciones de campo, una brotación en torno del 60% puede ser considerada segura para un cultivo satisfactorio de caña (Humbert, 1974).

La época de plantación, como factor de manejo, incluye los efectos de la edad/calidad de la semilla o esquejes y, en especial, los de las variables ambientales. La incidencia del primer factor se relaciona con diferencias en el estado hídrico, nutricional, fisiológico y con el contenido y tipo de azúcares del esqueje. En cuanto al segundo factor, es ampliamente reconocido que la modificación de la fecha de siembra genera variaciones en el escenario ambiental, principalmente en las condiciones térmicas e hídricas, que inciden en la emergencia, en el desarrollo foliar y en la producción (Romero et al., 2005).

### **2.3.1.3.2 Crecimiento vegetativo, amacollamiento, elongación del tallo y cierre de la plantación (50 -70 días).**

El crecimiento y el rendimiento son muy sensibles a cualquier déficit de agua en esta etapa exigente; además la planta amacolla, se desarrolla mayor cantidad de follaje y la plantación comienza a cerrar. Es necesario aplicar fertilizante, para que las plantas puedan desarrollarse satisfactoriamente en la siguiente fase. La elongación del tallo es inicialmente rápida y, durante esta fase, el contenido de fibra del tallo es elevado, mientras que los niveles de sacarosa son todavía bastante bajos. Una temperatura cercana a 30°C es considerada como óptima para el ahijamiento (Fauconnier 1975).

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 hojas activas y tallos, que permiten 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 al ahijamiento. La incidencia de una iluminación adecuada en la base de la planta de caña durante el período de ahijamiento es de vital importancia. Los hijuelos o retoños que se forman primero dan origen a tallos más gruesos y pesados. Los retoños formados más tarde mueren o se quedan cortos o inmaduros. Manejos culturales como el espaciamiento, la fertilización, la disponibilidad de agua y el control de las arvenses afectan al ahijamiento (Barbieri, 1993).

### **2.3.1.3.3 Crecimiento rápido e incremento del rendimiento (180 - 220 días).**

Comprende desde el cierre del dosel hasta el inicio del periodo de madurez de los tallos. Se caracteriza por el aumento de biomasa y del número de tallos por área. La humedad es fundamental para que el sistema radical se desarrolle y pueda absorber los nutrientes. Cualquier déficit de agua comenzaría el proceso de maduración y detendría la acumulación de sacarosa antes de su etapa óptima.

Durante la primera etapa de esta fase ocurre la estabilización de los retoños. De todos los retoños formados sólo el 40 - 50% sobrevive y llega a formar cañas triturables. 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 un crecimiento rápido de los tallos con la formación de 4-5 nudos por mes, así como una foliación frecuente y rápida hasta alcanzar un Índice de Área Foliar (IAF) de 6-7 (Barbieri, 1993).

El riego por goteo, la fertirrigación y la presencia de condiciones climáticas de temperatura y humedad elevadas, y alta radiación 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 (Benvenuti, 2005).

#### **2.3.1.3.4 Maduración (60 – 140 días)**

Se inicia alrededor de dos a tres meses antes de la cosecha para cultivos con ciclo de 12 meses, y de los 12 a los 16 meses de edad para los que completan el ciclo en 18 a 24 meses. En esta fase se requiere un bajo contenido de humedad del suelo, por lo que el riego debe ser reducido y luego detenerse para llevar la caña a la madurez; así se detiene el crecimiento y se propicia la acumulación de carbohidratos y la conversión de azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa (Pereira, 2006). 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. La consecuencia práctica del conocimiento de estas etapas permite al productor una mejor comprensión de lo que ocurre con la planta y ayuda a un manejo eficiente del agua y los nutrientes. El control parcial del crecimiento vegetativo y la manipulación de la producción de azúcar es factible. El conocimiento de las fases fenológicas de la planta es esencial para maximizar los rendimientos de caña y la recuperación del azúcar (Hunsigi, 2001).

### 2.3.1.3.5 Cosecha

Los factores que afectan el sazonado de la planta de caña de azúcar son la edad, el contenido de nitrógeno del suelo y la humedad. Los factores ambientales pueden influir en la acumulación de sacarosa, incluido el estrés hídrico, los nutrimentos y la temperatura. Por regla general, la caña de azúcar es cosechada mediante un corte en la base del tallo, el cual se hace de forma manual o mecánica; la paja se elimina manualmente o es quemada previamente a la cosecha; ésta ocurre antes de la floración (12 a 18 meses después de la siembra) debido a que la antesis conduce a la reducción en el contenido de azúcar en los tallos (Dillewijn 1978). Estas etapas se traslapan cíclicamente entre los ciclos planta, soca y determinan el calendario de los periodos de zafra y no zafra azucarera y las actividades de campo. Se esperan mayores producciones de la caña planta y un decrecimiento a medida que la edad aumenta. (Humbert, 1974, Fauconnier, 1975).



**Figura 4 COSECHA Y PESAJE DE CAÑA**

**Cuadro 4. TECNOLOGÍAS DE MANEJO DISPONIBLES EN EL CAMPO CAÑERO SEGÚN LA FASE DEL CULTIVO Y LOS EFECTOS QUE PRODUCEN**

Fase	Factores de manejo	Efectos observados
I. Emergencia y macollaje	Sistematización y preparación de suelos, época de plantación y/o corte, elección de cultivares; selección y tratamiento de semilla; laboreo etc. Diseño de plantación, surcos de base ancha. Control de malezas. Riego. Fertilización. Plagas y enfermedades	Establecimiento de una alta población de tallos: Aumento del porcentaje y velocidad de brotación. Inicio temprano del macollaje. Mejor distribución espacial. Cierre temprano y rápido inicio de la fase siguiente. Alta tasa de desarrollo. Altas tasa de crecimiento radicular, foliar y caulinar.
II. Crecimiento activo	Fertilización (aplicación en fase I) Riego Plagas y enfermedades Malezas (ejecución fase I)	Altas y sostenidas tasas de crecimiento del cultivo: Asegurar una óptima disponibilidad hídrica y nutricional. Mantener una elevada población de tallos. Máximo aprovechamiento de las condiciones ambientales del verano, logra un inicio temprano de la fase siguiente.
III. Maduración	Elección de cultivares (distribución por tipo de madurez) Regulación del riego y fertilización en dosis y época adecuada Maduración química	Máxima expresión del potencial azucarero de los genotipos disponibles. Inducir una reducción de la tasa de elongación de los tallos. Aumentar la tasa de almacenamiento de sacarosa Mantiene la actividad fotosintética Disminuye el contenido hídrico de los tallos Mejorar la calidad fabril de la materia prima.
IV Cosecha	Adecuada planificación de la zafra Optimizar la eficiencia de los sistemas de cosecha Minimizar las pérdidas de azúcar Capacidad para reordenar el programa de cosecha por efectos climáticos	Homogenizar la maduración de los distintos cultivares y edades de los cañaverales. Lograr bajos niveles de estacionamiento en batey, de residuos de cosecha y pérdidas de materia prima. Despuntar en un óptimo nivel, minimiza las pérdidas de azúcar y materia prima por efectos climáticos.

Fuente: Romero, 2009

### 2.3.1.4 Requerimientos nutricionales

La caña de azúcar puede adaptarse a suelo marginales y a cambios bruscos en la fertilidad de los mismos, aunque los suelos pobres propician producciones mediocres en el ámbito internacional. La rusticidad de la planta y la fertilidad del suelo forman una relación importante, esta planta es relativamente tolerante a la presencia de aluminio intercambiable en el suelo, lo que permite el crecimiento de la mismo en las capas superficiales de los suelos de la finca.

La caña de azúcar está clasificada dentro del grupo de las C4 y es una planta altamente eficiente en la utilización de los nutrimentos del suelo. La cantidad de los nutrimentos extraídos por la planta y su forma absorbible son presentados en el cuadro 2, por lo que es necesario conocer nuestros rendimientos, además el análisis de suelos y foliar definen la cantidad de fertilizantes a usar (Chaves, 2002).

**Cuadro 5. EXTRACCIÓN ESTIAMD DE MACRO NUTRIMIENTOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN KG/TM DE CAÑA PRODUCIDA**

Nutrimento	Extracción del suelo			
	Kg/TM		Nutrimento	Kg. En 80 TM promedio /ha
	Nutrimento	Forma Extraíble		
N	0.93	0.93	74.4	74.4
P	0.27	0.62	21.6	49.6
K	1.65	1.98	132.0	158.4
Ca	0.34	0.48	27.2	38.4
Mg	0.25	0.41	20.0	32.8
S	0.29	0.87	23.2	69.6
Si	0.93	1.99	74.4	159.2

Fuente: Chaves, 2002

### **2.3.1.5 Factores climáticos**

La caña de azúcar se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas, pero se desarrolla mejor en regiones tropicales, cálidas y con amplia radiación solar. Las características climáticas ideales para lograr una máxima producción de azúcar de caña son:

La presencia de una estación calurosa larga, con alta incidencia de radiación solar y una adecuada humedad. La planta utiliza entre 148 a 300 g de agua para producir 1 g de materia seca.

La presencia de una estación seca, soleada y fresca, libre de heladas, es necesaria para la maduración y cosecha. El porcentaje de humedad cae drásticamente a lo largo del ciclo de crecimiento de la caña, de un 83% en plantas muy jóvenes a un 71% en la caña madura, mientras que la sacarosa aumenta de menos de 10% hasta 45% del peso seco (Humbert, 1974).

#### **2.3.1.5.1 Lluvia**

Una precipitación total entre 1500 y 1800 mm es adecuada en los meses de crecimiento vegetativo, siempre que la distribución de luz sea apropiada y abundante. Después debe haber un período seco para la maduración. Durante el período de crecimiento activo la lluvia estimula el rápido crecimiento de la caña, la elongación y la formación de entrenudos. Sin embargo, la ocurrencia de lluvias intensas durante el período de maduración no es recomendable, porque produce una pobre calidad de jugo y favorece el crecimiento vegetativo; además, dificulta las operaciones de cosecha y transporte (FAO, 2009, Dos Santos et al., 2005, Inman-Bamber, 2005, Hunsigi, 2001, Fogliata, 1995). En condiciones adecuadas, el rendimiento se incrementa en proporción directa con la cantidad de agua disponible, y por cada 10 mm de agua utilizada se puede obtener alrededor de 1 t de caña por hectárea (BSES, 1991), lo que influye directamente en las prácticas de manejo del cultivo.



### **2.3.1.5.2 Temperatura**

El crecimiento está directamente correlacionado con la temperatura. La temperatura óptima para la brotación de los esquejes es de 32°C a 38°C. La brotación disminuye bajo 25°C, llega a su máximo entre 30-34°C, se reduce por sobre los 35°C y se detiene cuando la temperatura sube sobre 38°C. Temperaturas sobre 38°C reducen la tasa de fotosíntesis y aumentan la respiración. Por otro lado, para la maduración son preferibles temperaturas relativamente bajas, en el rango de 12-14°C, ya que ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar de la caña. A temperaturas mayores la sacarosa puede degradarse en fructosa y glucosa, además de estimular la fotorrespiración, que produce una menor acumulación de azúcares. Por otro lado, condiciones severas de frío inhiben la brotación de las socas y reducen el crecimiento de la caña. Temperaturas inferiores a 0°C producen el congelamiento de las partes más desprotegidas, como las hojas jóvenes y las yemas laterales. El daño depende de la duración de la helada. El ataque del carbón y su diseminación es mayor a temperaturas ambientales de 25-30°C. De modo similar, la diseminación de la pudrición roja es mayor a temperaturas altas (37-40°C) cuando las demás condiciones son similares. La incidencia de la marchitez es mayor cuando las temperaturas mínimas caen drásticamente. (Pereira, 2006).

### **2.3.1.5.3 Humedad relativa**

Durante el período de crecimiento rápido, las condiciones de alta humedad (80 - 85%) favorecen una rápida elongación de la caña. Valores moderados, de 45 - 65%, acompañados de una disponibilidad limitada de agua, son beneficiosos durante la fase de maduración (Inman-Bamber, 2005, Fogliata, 1995).

#### 2.3.1.5.4 Luz Solar

La caña se ubica en el grupo de las plantas con vía fotosintética C4, que poseen anatomía tipo "Kranz". Las hojas poseen dos tipos de cloroplastos: los localizados en las células del mesofilo y los de las células de la vaina vascular, con los cuales la planta es capaz de fijar CO<sub>2</sub> por dos vías: a) por la vía normal C3, y b) por la vía alternativa C4, en compuestos de cuatro carbonos como ácido málico, principalmente, ácido aspártico o ácido oxalacético. Esa refijación de CO<sub>2</sub> en los haces vasculares de la vaina como fosfoglicerato (3-PGA) posibilita una mayor eficiencia fotosintética y utilización de la energía solar, puesto que su tasa fotosintética aumenta con la luminosidad, hasta alcanzar valores superiores a 60 lux (lumen /m<sup>2</sup>) (600 w/m<sup>2</sup>) de intensidad, con una variación entre 6,5 a 150 lux (65 a 1500 w/m<sup>2</sup>), en función de la variedad, lo que le confiere un elevado punto de saturación de luz. La caña alcanza valores de fijación de CO<sub>2</sub> elevados, lo que refleja su elevada capacidad fotosintética y alto punto de compensación. Se asegura que posee una eficiencia que va de 5 a 6% en la conversión de energía solar (Salles et al, 2009, Benvenuti, 2005 y Hunsigi, 2001). Adicionalmente, la caña no presenta fotorespiración aparente, con lo cual no elimina o pierde CO<sub>2</sub> por las hojas a tasas rápidas, simultáneamente con la absorción de CO<sub>2</sub> por la fotosíntesis y estimulada para la luz. Su velocidad de fotosíntesis es cerca de dos o tres veces superior a la de las gramíneas C3, presentando una capacidad fotosintética de 34 a 86 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h. La vía C4 permite realizar la fotosíntesis con los estomas prácticamente cerrados, lo que duplica su eficiencia en el uso del agua y su transpiración relativa (fotosíntesis líquida/transpiración), en comparación con otras gramíneas del tipo C3 por esta razón, la caña utiliza el agua con mayor eficiencia, manteniendo a su vez, una mayor adaptabilidad en condiciones de déficit de humedad o sequía (De Souza Rolim, 2008).

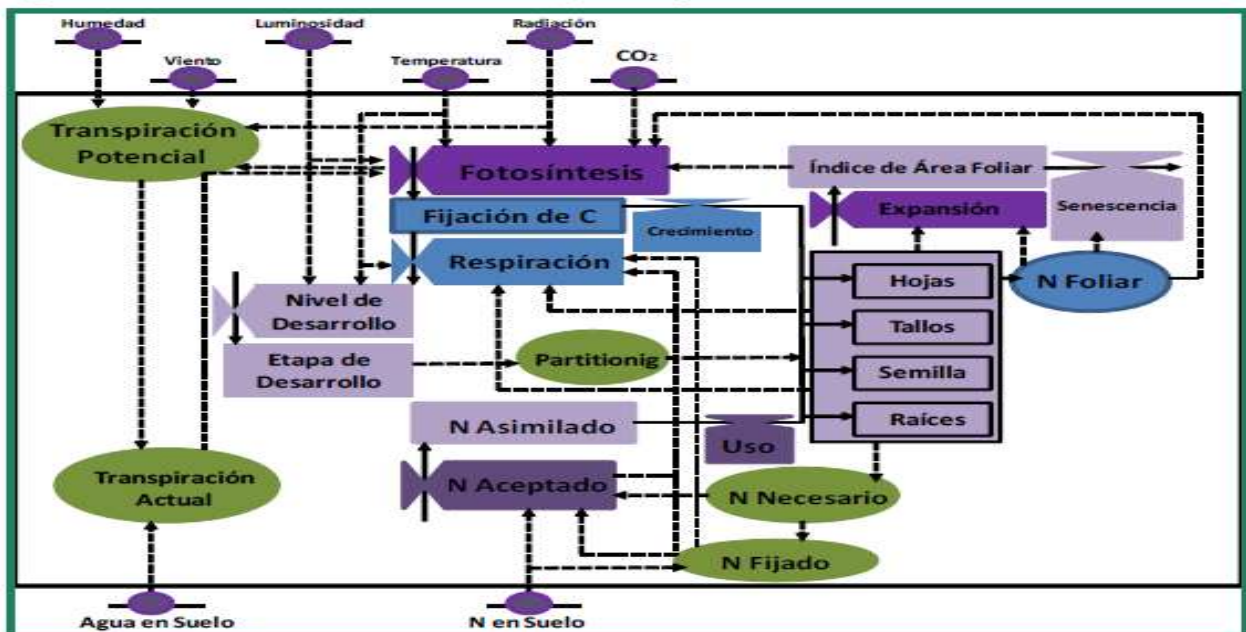
El Índice de Área Foliar (IAF), que describe la dimensión del sistema asimilador de una comunidad vegetal, así como otros índices vegetales, constituyen una excelente aproximación para evaluar la capacidad de desarrollo del follaje y, consecuentemente, de su capacidad fotosintética total, denominada productividad primaria bruta. La caña presenta en este sentido una gran área foliar, con un IAF elevado (4 a 10), de acuerdo con la variedad; sus hojas son casi verticales durante la mayor parte de su periodo de

crecimiento y la anchura de la lamina foliar es variable, lo que eleva significativamente su eficiencia en la intercepción de luz (Xin-Guang Zhu, 2008, Chávez, 1999).

En el follaje de la caña las primeras seis hojas superiores interceptan el 70% de la radiación y la tasa fotosintética de las hojas inferiores disminuye debido al sombreadamiento mutuo. Por lo tanto, para una utilización efectiva de la energía radiante se considera como óptimo un valor de 3.0-3.5 de Índice de Área Foliar (Barbieri, 1993).

Se ha estimado que el 80% del agua es perdida por acción de la energía solar, un 14% se pierde por efecto del viento y un 6% se pierde por acción de la temperatura y la humedad. Altas velocidades de viento, superiores a 60 km/hora, son perjudiciales para cañas ya crecidas, al causar la tendadura y el rompimiento de las cañas. Además, el viento favorece la pérdida de humedad de las plantas, agravando así los efectos dañinos del estrés hídrico (Chandra, 2005).

Los factores limitantes descritos influyen directamente en la fotosíntesis de la caña de azúcar, el proceso fundamental que determina la productividad del 90% o más de la biomasa seca y del 100% de los productos útiles: la sacarosa y el bagazo.



**Figura 5. MECANISMO DE LA FOTOSÍNTESIS EN CAÑA DE AZÚCAR**

Fuente: Moore 2009

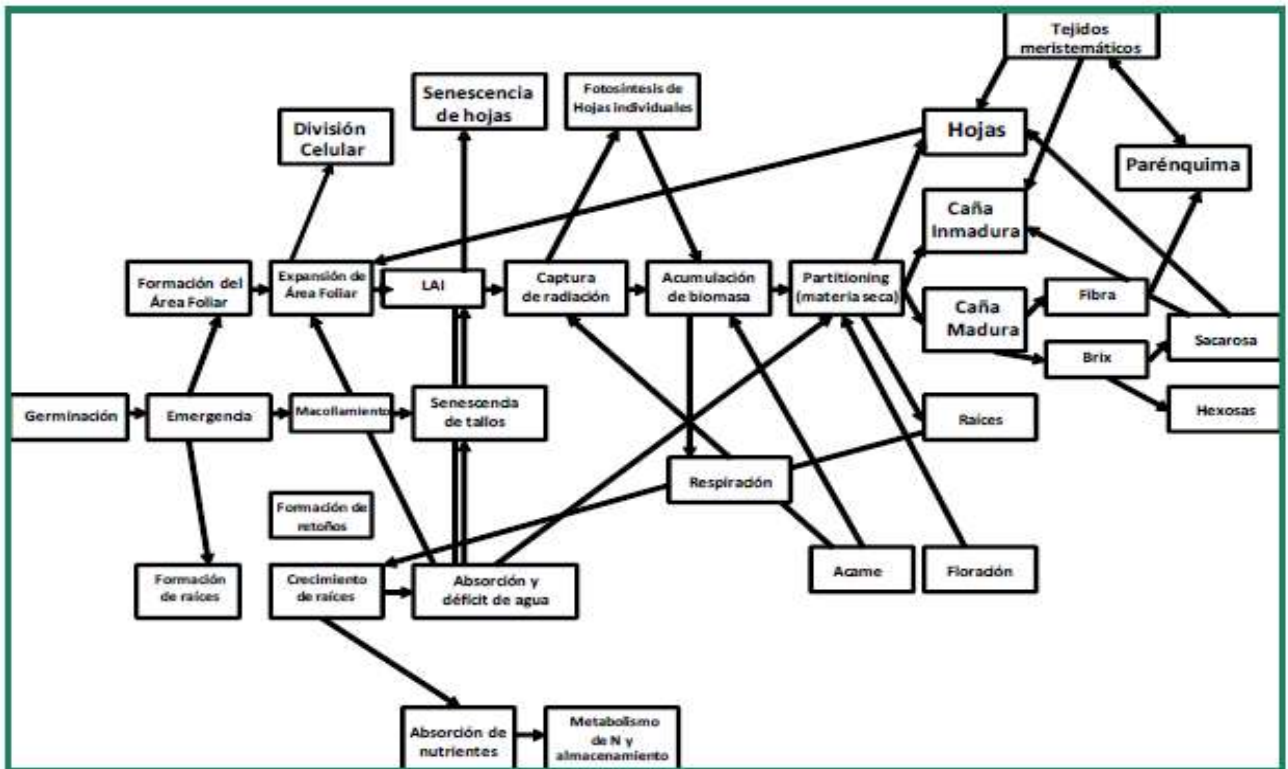


Figura 6. MODELO CONCEPTUAL DE LA FORMACIÓN DE BIOMASA EN CAÑA DE AZÚCAR

Fuente: Moore, 2009

### 2.3.1.6 Requerimientos edáficos

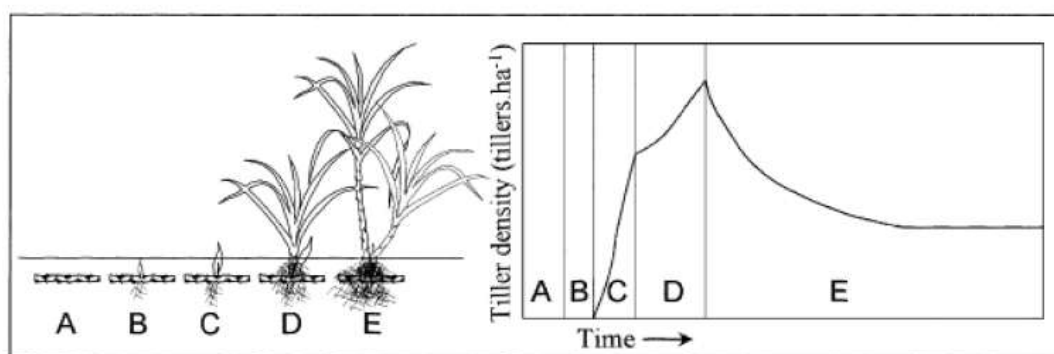
Es aconsejable que la textura sea franco arcillosa, franco arenosa o limosa, con buena estructura y capacidad de retención de humedad, pero a la vez friable, con un horizonte profundo, sin problemas de drenaje y salinidad, características que deben permanecer al menos en los primeros 50 cm del suelo donde se ubican la mayor cantidad de raíces. El nivel freático debe estar ubicado preferentemente a profundidades mayores de 75 cm, el pH debe oscilar entre 5.5 y 8.0. (Soto, 1995).

### 2.3.1.7 Densidad de tallos

La población de tallos, la longitud, el grosor y la densidad de estos constituye los componentes principales del rendimiento de la caña; pero la población de tallos por unidad de área y su peso, han sido considerada como el componente más importante del rendimiento.

La población de los tallos por unidad de área esta directamente afectada por el espaciamiento entre surcos y entre plantas, por lo tanto, es posible incrementar la productividad mediante el manejo de este factor. La siembra de caña de azúcar a densidades elevadas ocasiona un aumento teórico del rendimiento. Esto se debe a que la población de plantas aumenta exponencialmente, a medida que la distancia entre ellas disminuye aritméticamente. Como consecuencia de lo anterior, aumenta la población de las plantas, la biomasa, la cantidad de caña y sacarosa por unidad de área. En general, no se produce disminución en la calidad del jugo cuando se utilizan siembras densas, pero el peso, el diámetro de los tallos y el número de brotes, casi siempre disminuye.

Por lo general, la separación entre los surcos oscila entre 1.3 m y 1.8 m, dependiendo de las condiciones del clima y las características edáficas de la zona, la variedad, la fertilidad del suelo y las practicas del cultivo, entre otras; pero lo más común es que se utilice una separación entre surcos de 1.5 m (Subiros, 2000).



- A = Fase de pregerminación ( iniciación a germinación de la primera yema)
- B = Fase de Preemergencia ( Germinación de yema a emergencia del primer tallo)
- C = Fase de emergencia del primer tallo (Emergencia del primer tallo primario a emergencia del ultimo tallo primario)
- D = Fase de emergencia del tallo secundario (Emergencia del ultima tallo primario a senescencia del tallo primario)
- E = Fase Senescencia del tallo (Senescencia del tallo primario a cosecha)

**Figura 7 DENSIDAD DE TALLOS SEGÚN FASE FENOLOGICA**

## 2.3.2 MARCO REFERENCIAL

### 2.3.2.1 Ubicación del ensayo

El área donde se ejecutó el ensayo se encuentra en la finca Santa Anita el Jobo, el lote se encuentra bajo el código 0105 08 del estrato medio, perteneciente al Ingenio San Diego. Con temperaturas mínima de 21°C, media de 26°C y una máxima de 32°C, la radiación solar es de 17.3 MJ/m<sup>2</sup>/día y velocidad del viento 6.8 km/h.

El manejo agronómico del ensayo estuvo a cargo del departamento agrícola y administrativo de la finca, en el ensayo no se ejecutaron aplicaciones de otros productos, ni madurantes que interfieran en los resultados.



**Figura 8: Ubicación donde se estableció el ensayo de Pyraclostrobin y Kelpak**

### 2.3.2.2 Variedad CP72 – 2086

El hábito de crecimiento de los tallos es semirrecto, posee poco deshoje natural, la cantidad de follaje es intermedio; el entrenudo es de color verde amarillento con manchas negras, la forma de crecimiento es cilíndrico y ligeramente curvado al costado de la yema; el nudo tiene una forma de crecimiento obconoidal, yema redonda con alas de base angosta, anillo de crecimiento protuberante; la vaina posee un desprendimiento intermedio, color rosado y quebradizo por el centro, tiene presencia de afate intermedio; la lamina foliar posee un borde aserrado; la aurícula presenta una forma transicional y la lígula generalmente es deltoide con rombo; el cuello es café con superficie semilisa (Aguirre, 2006; Schueneman , *et al* 2008).

Es de buena germinación, macollamiento bueno y temprano, buen desarrollo cuando se siembra en la época adecuada; despaje regular, las hojas permanecen adheridas al tallo, se desprenden fácilmente con la mano, resistente al acame, regular tenacidad, abundante floración, prospera bien en suelos húmedos y bajo riego a una altitud de 0 a 220 m, se adapta bien a suelos francos, franco-limosos, franco arenoso y franco arcilloso profundos. A pesar de que posee una coloración verde amarillento en los primeros estadios de desarrollo presenta tonalidades cafés. Posee buen vigor y buen cierre de calle. Su hábito de crecimiento es erecto sin embargo tiende a acamarse aunque no en su totalidad. Para su cosecha posee una dureza intermedia mayor que la CP 72-1312; la CP 72-2086 es resistente al carbón causado por *Ustilago scitaminea*, roya por *Puccinia melanocephala*, susceptible al Virus del Mosaico de la Caña de azúcar (VMCA). Le ataca el Barrenador *Diatraea sacharalis*, y es susceptible al mosaico, Raya Roja y amarillamiento foliar YLS. (Aguirre, 2006; Schueneman, *et al* 2008).

### 2.3.2.3 Pyraclostrobin

Los efectos fisiológicos de Pyraclostrobin son invisibles y actúan sobre el metabolismo de la planta produciendo un primer efecto biológico que podemos advertir a simple vista: el efecto verde, parejo e intenso en todo el cultivo. Hojas más verdes, mas clorofila, un mejor desarrollo del follaje, una planta más saludable y un producto final de mayor calidad. El

otro efecto invisible del principio activo se logra a través del control de la respiración, cuando la planta respira, consume energía, mientras que durante el proceso de fotosíntesis, produce energía. La respiración y la fotosíntesis ocurren simultáneamente. Pyraclostrobin disminuye la respiración evitando la pérdida de dióxido de carbono, además provoca incrementos en la actividad de la enzima nitrato reductasa, de ésta manera se reduce el gasto energético y la energía sobrante queda almacenada en la planta en forma de carbohidratos.

La mayor reserva de carbohidratos se traduce en mayor productividad, además de estos efectos metabólicos, dicho principio activo, controla la producción de etileno de la planta evitando la caída de las hojas, aumentando el índice de área foliar, de esta manera el ciclo no se acorta ante situaciones de estrés y la planta puede concentrar toda su energía en un desarrollo eficiente y efectivo (Castellanos, 2012)

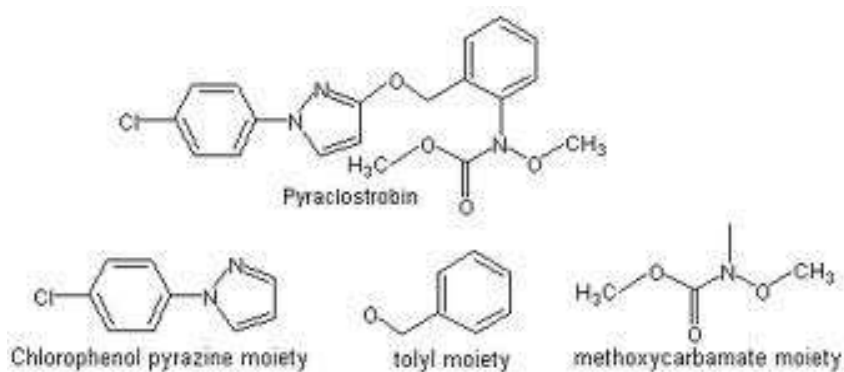
### 2.3.2.3.1 Composición química

Ingrediente activo: Pyraclostrobin. Metil N-{2-[1-(4-Clorofenil)-1H-Pirazol-3-il]oximetil}fenil} N-metoxicarbamato No menos de 23.6%

(Equivalente a 250 g de I.A./L)

Ingredientes inertes: Emulsificantes, solventes, impurezas y compuestos relacionados . No más de: 76.4%

Total: 100.0%



**Figura 9. ESTRUCTURA QUIMICA DE PYRACLOSTROBIN**



#### **2.3.2.4 Kelpak**

Es un extracto del alga *Ecklonia maxima*, esta alga tiene un crecimiento de hasta 1.3 cm por día, alcanzando una altura máxima de 12 metros, Únicamente existe en Sudáfrica.

La estructura de la planta posee un 75 % de tallo y 25% de hoja. Esta es un alga cultivada, con la finalidad de poder cosechar plantas con la misma edad y que posean entre 5 y 6 metros debido a que según estudios a esa etapa fenológica es donde el alga concentra y mantiene sus niveles de auxinas y citoquininas, que son la principal ventaja del producto.

Posee mucha mayor cantidad de Auxinas que citoquininas, la función de las auxinas es la activación de la zona radicular con ello el crecimiento de las raíces secundarias, como un agregado estimula el crecimiento de follaje y tallo por efecto de citoquininas, (Castellanos, 2012).

## 2.4. OBJETIVOS

### 2.4.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto en la producción en caña de azúcar (*saccharum spp.*) que Pyraclostrobin y Kelpak tienen al ser aplicado al momento de la siembra y al follaje

### 2.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto sobre altura y población por el efecto de la aplicación de Pyraclostrobin.
- Determinar la diferencia en producción total (TCH), producida por el efecto de la aplicación de Pyraclostrobin.
- Determinar la diferencia total de azúcar por hectárea (TAH), producida por el efecto de la aplicación de Pyraclostrobin.

## 2.5. HIPÓTESIS

Por ser Pyraclostrobin un compuesto químico que reduce el gasto energético y la misma es almacenada, su aplicación al momento de la siembra repercutirá positivamente en mejorar la productividad del cultivo de caña de azúcar.

## 2.6. METODOLOGÍA

### 2.6.1 Diseño e instalación del ensayo

#### 2.6.1.1 Número y descripción de tratamientos

En total se establecieron 5 tratamientos con 6 repeticiones. Los tratamientos se describen a continuación:

**Cuadro 6 TRATAMIENTOS Y APLICACIONES A EVALUAR**

Tratamiento	Producto	Dosis (l/ha)	No. De aplicaciones	Observaciones
1	Pyraclostrobin	0.5 l en siembra + 0.75 l 70 DDS	2	1ra. Aplicación al esqueje, 2da al follaje
2	Pyraclostrobin	0.5 l en siembra + 0.5 l 70 DDS	2	1ra. Aplicación al esqueje, 2da al follaje
3	Pyraclostrobin +Kelpak+ Pyraclostrobin	0.5 l en siembra + 2 l siembra + 0.75 l 70 DDS	2	Aplicación de Pyraclostrobin y Kelpak al esqueje y 2da de Pyraclostrobin al follaje
4	Pyraclostrobin + Kelpak+ Pyraclostrobin	0.5 l en siembra +2 l 70 DDS + 0.75 l 70 DDS	2	1ra. Aplicación de Pyraclostrobin al esqueje, Kelpak al follaje y 2da de Pyraclostrobin al follaje
5	Sin aplicación			

DDS= Días después de Siembra      l/ha= litros por hectárea

### **2.6.2 Unidad experimental**

Por ser esta investigación preliminar, previo a realizar pruebas a nivel semicomercial se utilizan parcelas pequeñas, las cuales estarán constituidas de 6 surcos de 10 metros lineales a un distanciamiento de 1.40 metros para obtener 30 unidades experimentales. Es decir cada unidad experimental contó con un área de 84 m<sup>2</sup>.

### **2.6.3 Diseño experimental**

Para el análisis de las variables se utilizó un diseño de bloques al azar donde el factor principal fue la respuesta de los tratamientos con respecto al testigo el cual fue el tratamiento 5 (T5), utilizando para su efecto.

### **2.6.4 Manejo del Experimento**

Después de la siembra a los 0 días se aplicaron los tratamientos 1, 2, 3, 4 conteniendo Pyraclostrobin y para el caso del T3 y T4 con Kelpak y luego a los 70 días después de la siembra se ejecutó la segunda aplicación de Pyraclostrobin para los tratamientos 1, 2, 4 a los 150 días se tomaron datos biométricos población, diámetro y altura en 5 tallos tomados al azar del surco 3 de cada tratamiento. El muestreo precosecha se realizó con 10 tallos maduros en el surco central por parcela para luego enviarlos al laboratorio para obtener la concentración de azúcar por tratamiento.

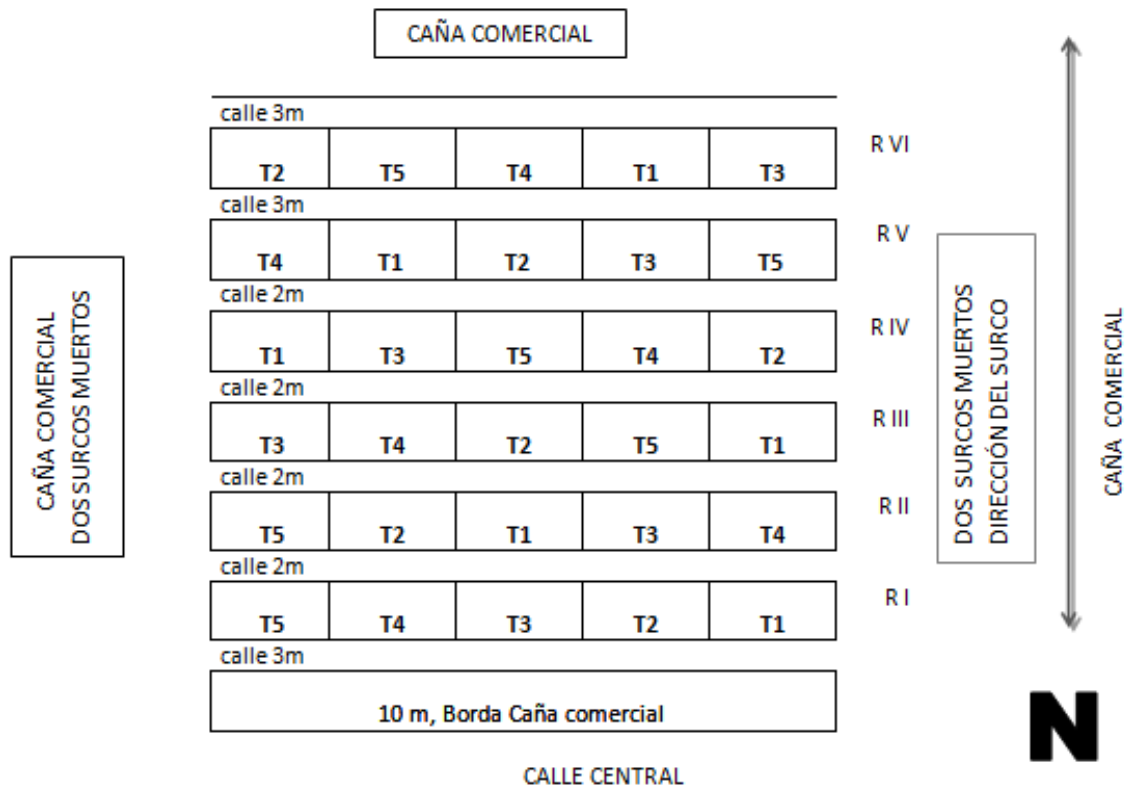
### **2.6.5 Análisis de la información**

Para el análisis de cada una de las variables medidas se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el programa de cálculos Excel. Así mismo se realizaron pruebas de medias utilizando los métodos estadísticos con el programa INFOSTAT en este caso se utilizó el método de comparación LSD Fisher.

2.6.6 Croquis del ensayo



Ingenio: San Diego  
 Finca: Santa Anita el Jobo  
 Pante: 8  
 Lote: 0105  
 Fecha de siembra: 5/4/2013  
 Variedad: CP72-2086



TRATAMIENTOS	DOSIS l/ha
1 PYRACLOSTROBIN	0.5 L. En la siembra + 0.75 L 70 DDS
2 PYRACLOSTROBIN	0.5 L. En la siembra + 0.50 L 70 DDS
3 PYRACLOSTROBIN + KELPAK	0.5 L. En la siembra + 2 L 70 DDS
4 PYRACLOSTROBIN + KELPAK+ PYRACLOSTROBIN	0.5 L En siembra+ 2L 70 DDS + 0.75 L 70 DDS
5 TESTIGO	SIN APLICACIÓN



Área unidad experimental: 84 m<sup>2</sup>. 6 surcos (1.40 m de distanciamiento), por 10 m de largo.

Figura 10 CROQUIS DE CAMPO

## **2.6.7 Variables de respuesta**

### **2.6.7.1 Población**

Para determinar la población de tallos molederos se realizaron muestreos a los 150 días después de la siembra. Estos realizaron en el surco central de 10 metros por cada unidad experimental y se contó la población total en los 10 m que conformó la parcela.

### **2.6.7.2 Altura de planta**

Se midió la altura de la planta desde la superficie del suelo a la última hoja visible esta medición se realizó a los 150 días después de la aplicación, tomando 5 plantas al azar por cada tratamiento o unidad experimental.

### **2.6.7.3 Diámetro**

Se tomó el grosor del tallo a través del diámetro en la parte media del tallo (tercio medio del tallo), esta medición se realizó a los 150 días después de la aplicación, se tomaron 5 plantas a azar de cada unidad experimental.

### **2.6.7.4 Rendimiento de caña (TCH)**

Se determinó al momento de la cosecha. La caña se cortó en maletas, las que fueron pesadas en el campo con una balanza digital, levantando la maleta de caña con una grúa.

### **2.6.7.5 Rendimiento de azúcar (TAH)**

Esta información la determinó el personal del laboratorio de la fabrica a través del porcentaje de Pol en los jugos.

## 2.7. Resultados y Discusión

### 2.7.1 Índice biométrico

#### 2.7.1.1 Población

La población inicial es un factor determinante en la producción final de la caña de azúcar cuando se habla de tallos primarios, se hace referencia a los tallos más desarrollados, y tallos secundarios los que son posteriores a los primarios y se observan menos desarrollados que los primeros (Bezuidenhouta et al,2002).

Como se puede observar en la figura 11, se muestra la población obtenida a los 150 días después de la siembra, en cada bloque según tratamientos en el cual el mayor promedio fue el tratamiento 2 que contiene Pyraclostrobin en 2 aplicaciones, 0.5 litros a la siembra y 0.5 litros del mismo producto a los 70 después de la siembra, el tratamiento con menor media es el T3 que contiene Pyraclostrobin 0.5 litros aplicados a la siembra en combinación con Kelpak y una segunda aplicación de pyraclostrobin 0.75 litros a los 70 días después de la siembra con una media de 95 plantas. (Esto se muestra en la cuadro 7).

**Cuadro 7. POBLACIÓN A LOS 150 DDS PARA LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS**

Tratamiento / Dosis	POBLACIÓN						
	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4	BLOQUE 5	BLOQUE 6	PROMEDIO
T1 Pyraclostrobin (0.5 l siembra- 0.75 l 70DDS)	94	121	103	114	116	60	101.33
T2 Pyraclostrobin (0.5 l siembra- 0.5 l 70DDS)	124	119	115	91	95	108	108.67
T3 Pyraclostrobin(0.5 l) 0 + Kelpak (2 l) 0D+Pyraclostrobin(0.75 l) 70	71	89	109	96	109	96	95.00
T4 Pyraclostrobin (0.5l) 0+ Kelpak (2 l) 70 + Pyraclostrobin(0.75 l) 70	108	85	114	100	115	102	104.00
T5 Testigo	106	108	116	103	78	105	102.67

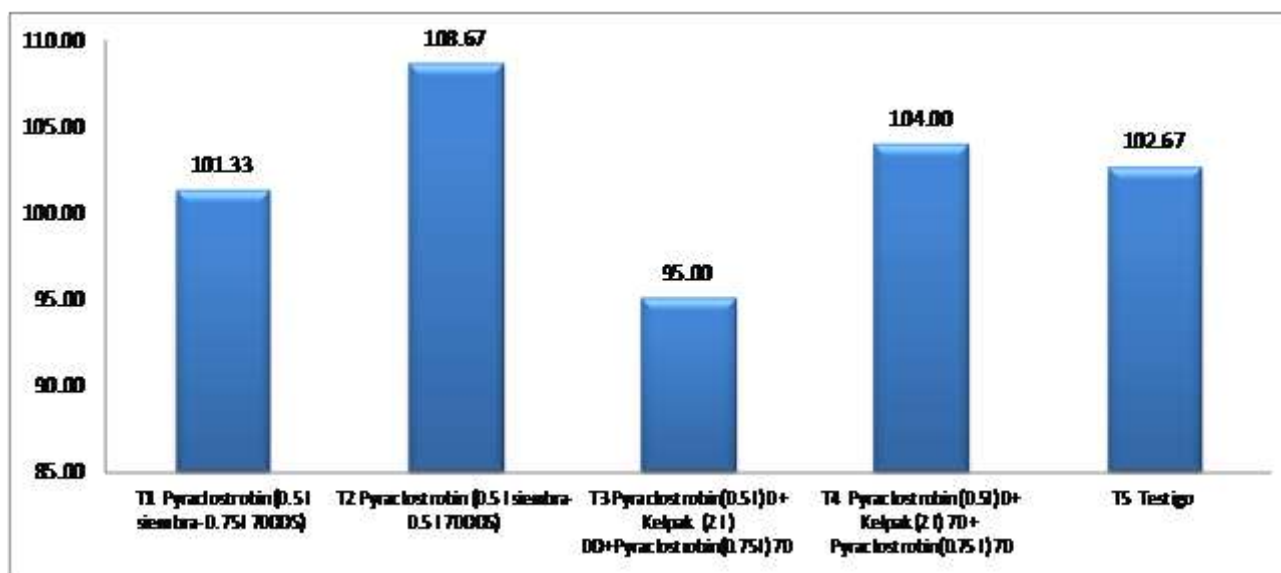
DDS= Días Después de la Siembra

**Cuadro 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE POBLACIÓN**

F.V.	GL	SC	CM	F	p-Valor	
<b>Modelo</b>	9	1376.93	152.99	0.6	0.7799	NS
<b>Tratamiento</b>	4	586.67	146.67	0.58	0.6818	NS
<b>Repetición</b>	5	790.27	158.05	0.62	0.6840	NS
<b>Error</b>	20	5073.73	253.69			
<b>Total</b>	29	6450.67				

NS= No Significativo

No existe diferencia significativa entre los tratamiento evaluados, por lo que los tratamientos son estadísticamente iguales par la variable población de tallos.

**Figura 11 POBLACIÓN A LOS 150 DDS PARA LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS**

El comportamiento de la población respecto a los dos momentos de aplicación 0 y 70 días después de la siembra (DDS), se observa que el tratamiento con mejor número de tallos es el T2 con aplicaciones de Pyraclostrobin 0.5 l en siembra y 0.5 l a los 70 DDS y el que menor población presenta es el T3 que contiene Pyraclostrobin en dosis de 0.5 l a la siembra en combinación con Kelpak y una segunda aplicación a los 70 DDS de Pyraclostrobin en 2 l/ha y 0.75 l/ha respectivamente, es importante mencionar que la mayoría de unidades experimentales poseían solo tallos primarios esto debido a las características de la variedad y que en plantilla la población es menor que en caña soca.



### 2.7.1.2 Altura

La altura de la planta es un factor importante en la producción final, que depende de las primeras etapas del cultivo y las condiciones óptimas para estimular el crecimiento y desarrollo deseable, afectando de forma directa el tonelaje (Werner *et al.*, 2008).

Como se puede observar en la figura 3, el tratamiento que presenta mayor altura es el tratamiento 2 que contiene Pyraclostrobin en dosis de 0.5 litros al momento de la siembra y a los 70 días después de la misma, por otro lado el tratamiento más bajo es el T4 con Pyraclostrobin en combinación con Kelpak aplicados a la siembra y Pyraclostrobin nuevamente en dosis de 0.75 litros a los 70 días después de la siembra junto con el testigo absoluto. Lo cual se muestra en el cuadro 9.

**Cuadro 9 ALTURA SEGÚN TRATAMIENTOS A LOS 150 DDS**

Tratamiento / Dosis	ALTURA (m)						
	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4	BLOQUE 5	BLOQUE 6	PROMEDIO
T1 Pyraclostrobin (0.5 l siembra- 0.75 l 70DDS)	1.24	2.05	1.84	1.84	1.83	1.62	1.74
T2 Pyraclostrobin (0.5 l siembra- 0.5 l 70DDS)	1.32	2.12	1.79	2.02	1.87	1.79	1.82
T3 Pyraclostrobin(0.5 l) 0 + Kelpak (2 l) 0D+Pyraclostrobin(0.75 l) 70	1.52	1.94	1.72	1.61	1.83	1.95	1.76
T4 Pyraclostrobin (0.5 l) 0+ Kelpak (2 l) 70 + Pyraclostrobin(0.75 l) 70	1.09	1.79	1.76	2.11	1.87	1.69	1.72
T5 Testigo	1.30	2.13	1.68	2.14	1.78	1.54	1.76

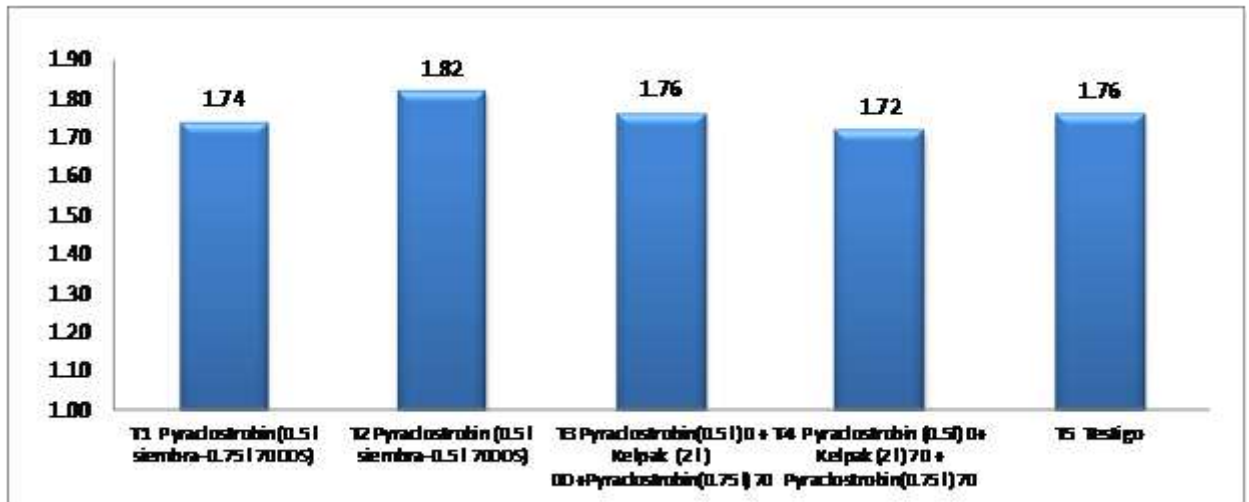
**Cuadro 10 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA EN CAÑA DE AZÚCAR**

F.V.	GL	SC	CM	F	p-Valor	
<b>Modelo</b>	9	1.63	0.18	0.6	0.7799	NS
<b>Tratamiento</b>	4	0.03	0.01	0.58	0.6818	NS
<b>Repetición</b>	5	1.6	0.32	0.62	0.6840	NS
<b>Error</b>	20	0.46	0.02			
<b>Total</b>	29	2.09				

NS= No Significativo

No existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, por lo que los tratamientos son estadísticamente iguales. Considerando lo anterior la competencia que sufrió el cultivo entre sí en el caso de las parcelas aplicadas con Pyraclostrobin y Kelpak, debido a una alta población, causa una disminución en el crecimiento del cultivo, pero que

no se ve reflejado en el rendimiento, esto al existir una mayor población por metro, comparado con las parcelas testigo.



**Figura 12 ALTURA A LOS 150 DDS PARA LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS**

### 2.7.1.3 Diámetro

El diámetro presenta el mismo crecimiento en todos los tratamientos ya que las medias van desde 2.67 para el caso del tratamiento 3 con aplicaciones de Pyraclostrobin en dos épocas a la siembra 0.5 litros y 0.75 litros a los 70 DDS en combinación con Kelpak en comparación con el testigo 2.50 cm esto se repite para todos los tratamientos por ello no hay mucha variación entre tratamientos. Como lo muestra la figura 13.

El comportamiento del diámetro en cada uno de los tratamientos muestra un crecimiento exponencial desde la siembra hasta los 150 días donde se estabiliza. Esto puede observarse en el cuadro 11.

**Cuadro 11. DIÁMETRO DE TALLOS DE CAÑA DE AZÚCAR VARIEDAD CP 72-2086**

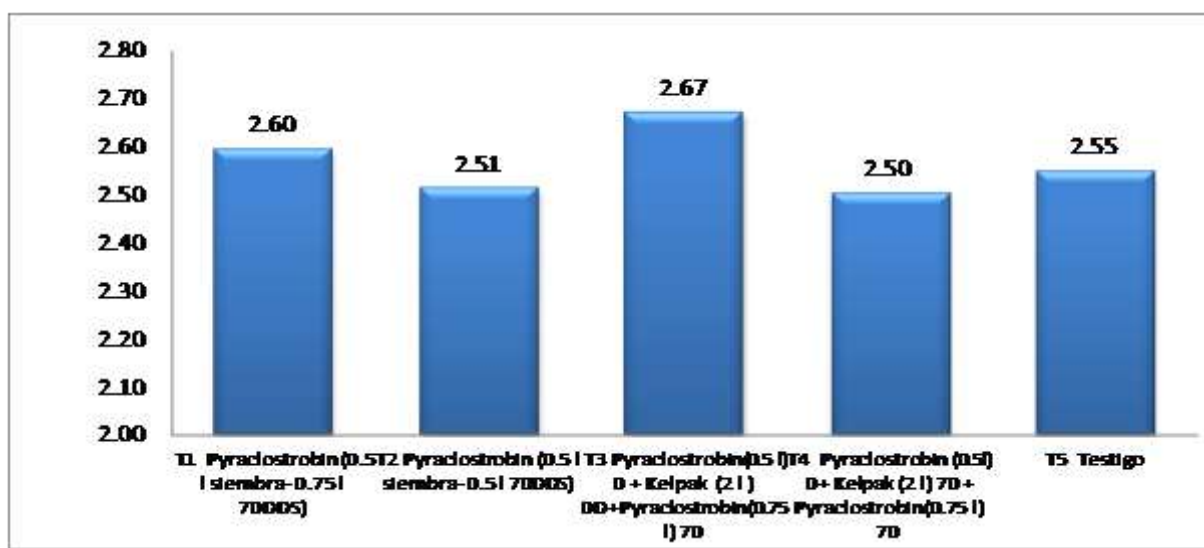
Tratamiento / Dosis	DIÁMETRO (cm)						
	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4	BLOQUE 5	BLOQUE 6	PROMEDIO
T1 Pyraclostrobin (0.5 l siembra- 0.75 l 70DDS)	2.48	2.74	2.68	2.58	2.36	2.74	2.60
T2 Pyraclostrobin (0.5 l siembra- 0.5 l 70DDS)	2.36	2.84	2.36	2.82	2.28	2.42	2.51
T3 Pyraclostrobin(0.5 l) 0+ Kelpak (2 l) 0D+Pyraclostrobin(0.75 l) 70	2.52	3.08	2.48	2.70	2.44	2.80	2.67
T4 Pyraclostrobin (0.5l) 0+ Kelpak (2 l) 70 + Pyraclostrobin(0.75 l) 70	2.60	2.56	2.36	2.76	2.40	2.34	2.50
T5 Testigo	2.44	2.74	2.62	2.44	2.56	2.50	2.55

**Cuadro 12 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DIÁMETRO EN CAÑA DE AZÚCAR**

F.V.	GL	SC	CM	F	p-Valor	
<b>Modelo</b>	9	0.60	0.07	2.96	0.0207	NS
<b>Tratamiento</b>	4	0.11	0.03	1.26	0.3200	NS
<b>Repetición</b>	5	1.48	0.10	4.32	0.0079	NS
<b>Error</b>	20	0.45	0.02			
<b>Total</b>	29	1.04				

NS= No Significativo

No existe diferencia significativa entre los tratamiento evaluados, por lo que los tratamientos son estadísticamente iguales. No existe un efecto positivo en los tratamientos evaluados con aplicaciones de Pyraclostrobin y Kelpak aplicados en siembra y al follaje como se evidencia en la figura 13.

**Figura 13 DIÁMETRO A LOS 150 DDS PARA LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS**

### 2.7.1.4 Rendimiento en toneladas de caña por hectárea TCH

Se puede observar en la figura 14, en la comparación de toneladas de caña por hectárea que existen diferencia significativa entre los tratamientos, el testigo (T5) el cual presenta una media de 75.44 toneladas de caña por hectárea siendo superior los tratamientos T4 con aplicaciones de Pyraclostrobin 0.5 litros en siembra en combinación con Kelpak 2 litros a los 70 DDS y luego Pyraclostrobin a los 70 DDS con 0.75 litros que presenta 89.21 TCH, mientras que los tratamientos que presentan tonelaje mayor son el T3 con 94.25 toneladas, seguido del T2 (Pyraclostrobin 0.5 l en siembra mas 0.5 l 70 DDS) con 96.79 toneladas y el tratamiento 1 con aplicaciones de Pyraclostrobin a dosis de 0.5 l en la siembra y 0.75 litros a los 70 días después de la siembra es el tratamiento que mayor tonelaje reportó con 108.78 toneladas de caña por hectárea.

Esto puede evidenciarse en el análisis de varianza realizado para esta variable ya que la probabilidad de (p-valor), es de 0.001 lo que indica que si existe diferencia entre tratamientos.

**Cuadro 13. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TONELADAS DE CAÑA**

F.V.	GL	SC	CM	F	p-Valor	
<b>Modelo</b>	9	3939.47	437.72	3.50	0.0094	*S
<b>Tratamiento</b>	4	3526.33	881.58	7.05	0.0010	*S
<b>Repetición</b>	5	413.14	82.63	1.53	0.6575	NS
<b>Error</b>	20	2502.40	125.12			
<b>Total</b>	29	6441.87				

S= Significativo

NS= No Significativo

Si existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias como lo muestra el cuadro 14.

Cuadro 14. PRUEBA DE MEDIAS PARA LA VARIABLE TCH

Tratamiento	Medias	N	E.E:	
T1	108.78	6	4.57	A
T2	96.79	6	4.57	A B
T3	94.25	6	4.57	B
T4	89.21	6	4.57	B
T5	75.44	6	4.57	C

Error: 125.11

gl: 20

El análisis indico que la mayor media de producción de caña que se obtuvo fue de 108.70 toneladas métricas de caña (TM) para el tratamiento 1 con aplicaciones de Pyraclostrobin en dosis de 0.5 litros en siembra y 0.75 l a los 70 días después de la siembra siendo el mejor tratamiento seguido del T2 con aplicaciones de Pyraclostrobin 0.5 litros en siembra y 0.5 litros 70 DDS por lo que se agrupan en el grupo A y son estadísticamente iguales y los tratamientos T3 y T4 con aplicaciones de Pyraclostrobin y Kelpak son estadísticamente iguales agrupados en el grupo B, Por lo que si económicamente no se pudiera aplicar el grupo A se puede aplicar el B es decir si no se pudiera aplicar ni el T1 ni el T2 indistintamente se puede aplicar el T3 y el T4 para el testigo (T5), agrupado en el grupo C con menor media 75.44 toneladas daría lo mismo no aplicar nada.

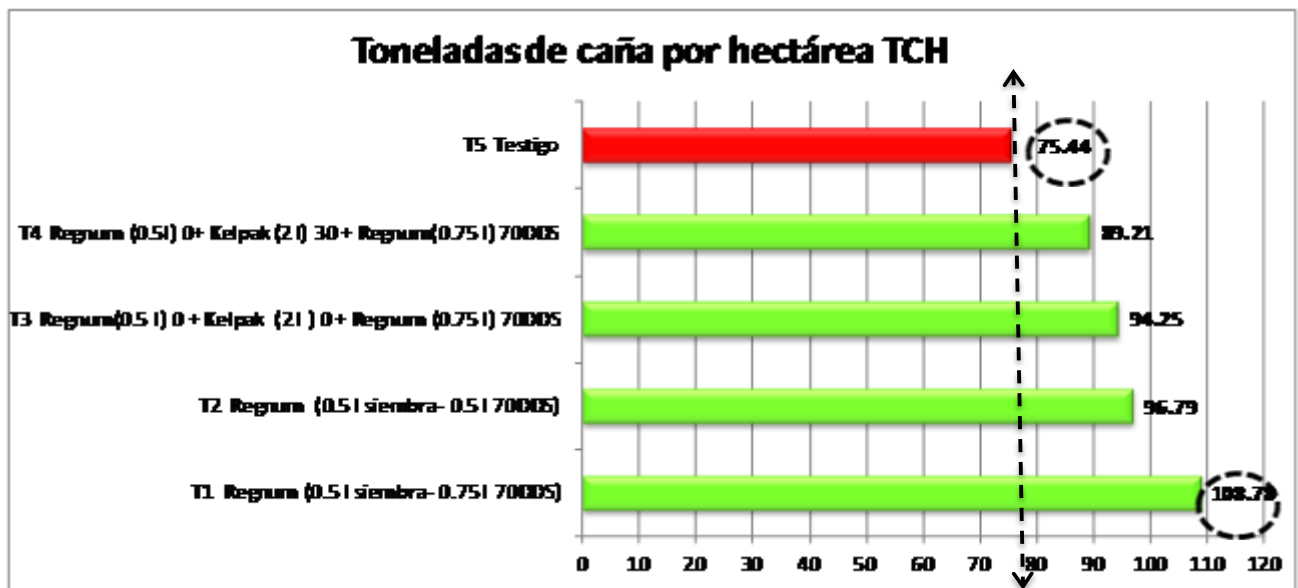


Figura 14 PRODUCTIVIDAD DE CAÑA POR HECTÁREA (TCH).

### 2.7.1.5 Rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea TAH

Las toneladas de azúcar por hectárea que se obtuvieron en los tratamientos evaluados demuestran que el tratamiento que obtuvo menos tonelaje fue el testigo, T5; siendo este de 10.98 toneladas de azúcar por hectárea (TAH), seguido de los tratamientos cuatro (T4), T3 y T2 con 13.44, 14.39 y 15.35 toneladas respectivamente, mientras que el tratamiento que sobresalió fue el T1 con dos aplicaciones de Pyraclostrobin 0.5 litros en la siembra y 0.75 a los 70 días después de la siembra para una dosis total de 1.25 l/ha. Con un tonelaje de 16.8 para así tener una diferencia con respecto al testigo de 5.8 toneladas como lo muestra la figura 15.

Es importante mencionar que los tratamientos que mejor tonelaje obtuvieron (peso en campo), también obtuvieron los tonelajes de azúcar por hectárea que es el caso del T1 y T2 con aplicaciones de pyraclostrobin en siembra y a los 70 DDS en dosis de 0.5 y 0.75 litros por hectárea.

**Cuadro 15 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TONELADAS DE AZÚCAR/HA**

F.V.	GL	SC	CM	F	p-Valor	
<b>Modelo</b>	9	131.46	14.61	3.73	0.0068	*S
<b>Tratamiento</b>	4	114.66	28.67	7.32	0.0008	*S
<b>Repetición</b>	5	16.80	3.36	0.92	0.5259	NS
<b>Error</b>	20	78.34	3.92			
<b>Total</b>	29	208.9				

S= Significativo

NS= No Significativo

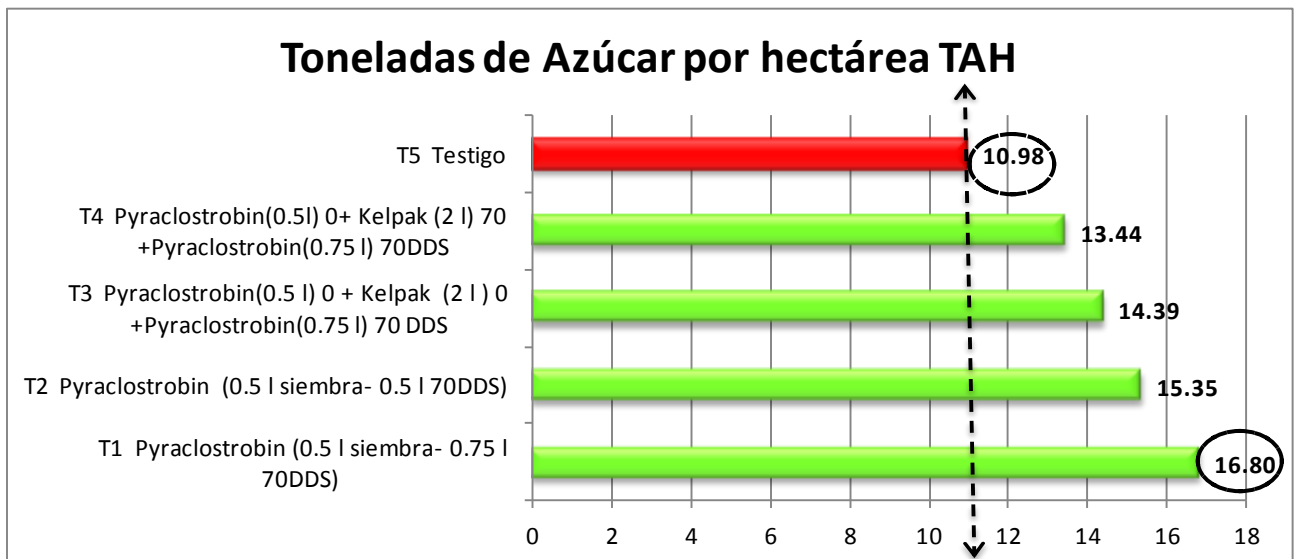
Según el análisis de varianza par la variable TAH si existe diferencia significativa para los tratamientos evaluados por lo que es necesaria una aprueba de medias como lo muestra el cuadro 16.

**Cuadro 16. PRUEBA DE MEDIAS PARA LA VARIABLE TONELADAS DE AZÚCAR POR HECTÁREA**

Tratamiento	Medias	N	E.E:	
T1	16.80	6	0.81	A
T2	15.35	6	0.81	A B
T3	14.39	6	0.81	B
T4	13.44	6	0.81	B
T5	10.98	6	0.81	C

Error: 3.92  
gl: 20

La prueba de medias para la variable toneladas de azúcar por hectárea indico que la mayor media de rendimiento de caña que se obtuvo fue de 16.8 toneladas para el tratamiento 1 seguido del T2 por lo que se agrupan en el grupo A y son estadísticamente iguales y los tratamientos T3 y T4 con aplicaciones de Pyraclostrobin y Kelpak son estadísticamente iguales agrupados en el grupo B, Por lo que si económicamente no se pudiera aplicar el grupo A es decir el tratamiento 1 y 2 se puede aplicar el grupo estadístico B e indistintamente se puede aplicar el T3 y el T4 y para el caso del testigo (T5), agrupado en el grupo C con menor media 10.98 toneladas se tomaría la decisión de no aplicar nada.



**Figura 15 RENDIMIENTO DE AZÚCAR HECTÁREA (TAH)**

### 2.7.1.5 Costos de producción

Costos en US\$/(Dólares americanos)					
	<b>Costo Producto</b>	<b>Jornal</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Costos indirectos</b>	<b>Total aplicación</b>
Pyraclostrobin	70	1.47	2.5	1.7	75.67
Testigo	0	0	0	0	0
Pyraclostrobin= US\$ 70.0/litro *1.25 litros= US\$ 90.0 costo dosis comercial					



## 2.8 CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados podemos concluir lo siguiente:

- No hay ningún efecto de Pyraclostrobin y Kelpak sobre las variables población, altura y diámetro para ninguno de los tratamientos evaluados.
- En cuanto a la producción total (TCH) si hay diferencia significativa obtenida en comparaciones entre testigo T5 y tratamientos con aplicaciones de pyraclostrobin y Kelpak al momento de la siembra y al follaje fueron superior superándolo por 22 toneladas en el caso el T1 con 108.78 Ton/ha tratamiento con mayor tonelaje mientras que el testigo presentó 75.44 toneladas de caña por hectárea. Por ello se puede concluir que la aplicación de pyraclostrobin a dosis de 0.5 litros en siembra y 0.75 litros aplicados al follaje y Kelpak 2 litros aplicados a la siembra y al follaje si producen un efecto significativo en producción y rendimiento de la variedad CP 72-2086.
- En el caso de las toneladas de azúcar por tratamiento los mejores rendimientos los presento el T1 con 16.8 TAH mientras que el testigo T5 10.98 para tener una diferencia de 5.8 toneladas de azúcar, en los tratamientos evaluados se puede concluir que si existe una respuesta positiva en cuanto a producción y rendimiento obteniendo mejor repuesta a los tratamientos con aplicaciones de Pyraclostrobin en siembra y al follaje en dosis de 0.5 litros y 0.75 respectivamente en combinación con Kelpak aplicado en siembra ya que estos productos si producen un incremento significativo en el rendimiento total de azúcar por hectárea para la variedad CP 72-2086 cuando son aplicados desde el momento de la siembra.

## 2.9. RECOMENDACIONES

Realizar muestreos de raíces y tomar como variable el conteo de raíces para ver el comportamiento de Kelpak.

Continuar con las evaluaciones de Pyraclostrobin en la variedad CP 72-2086 en diferentes épocas de aplicación pero que no sobrepasen los 150 días después de la siembra así como al follaje.

Es de suma importancia que al momento de realizar las aplicaciones de Pyraclostrobin en siembra estas estén dirigidas al esqueje para así asegurar la brotación.

Seguir los muestreos de altura y población ya que estos parámetros pueden estar íntimamente influenciados en el rendimiento que presente el cultivo en el momento de la cosecha ya que el manejo que se le dé al cultivo desde la siembra va a repercutir en la fase de maduración de la caña.

## 2.10. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen R. G. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia, FAO. 323 p. (FAO riego y drenaje 56)
2. Barbieri, V. 1993. Condicionamiento del clima el potencial de productividad de la caña de azúcar (*Saccharum spp*); una estimación de los modelos matemático-fisiológico. Tesis PhD. Piracicaba, São Paulo, Brasil Universidad de St. Paulo - Escuela de Agricultura "Luiz de Queiroz". 142p.
3. BASF.com. 2010. El coadyuvante siliconado BreakThru® 2010 (en línea). Alemania. Consultado 25 marzo 2013. Disponible en <http://www.basf.com.pe/agro/productos/breakthru.htm>
4. Benvenuti, F. A. 2005. Relación del índice de vegetación espectral y la productividad de la caña de azúcar y el suelo atributos. Tesis MSc. Campinas, Brasil, Universidad Estatal de Campinas, Facultad de Ingeniería Agrícola. 120 p.
5. Buenaventura, CE. 1990. Semilleros y siembra de la caña de azúcar. Cali, Colombia, CENGICAÑA. 10 p. (Serie Técnica no. 6).
6. Chandra P., I.S. Singh and S.B. Singh. 2005. Bioquímica cambios durante la floración de la caña de azúcar. 7(4): 160-162
7. Chávez M. 1999. Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica. In Congreso Nacional Agronómico (11, 1999, CR); Congreso Nacional de Suelos (3,1999, CR). Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. p.193-214
8. Dillewijn, C. Van. 1978. Botánica de la caña de azúcar. La Habana, Cuba, Edit. Rev. I.C.L. 460p.
9. Espinoza, G. 2009. Acumulación de sacarosa y función de glifosato como madurante en caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA. s.p.
10. Fauconnier, R; Bassereau, D. 1975. La caña de azúcar. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, España, Blume. 405 p.
11. Fogliata, F. A. 1995. Agronomía de la caña de Azúcar. El Graduado (AR) 2:1451 p.
12. Humbert, R. P. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, CECOSA. 719 p.

13. Hunsigi, G. 2001. Caña de azúcar en la agricultura y la industria. Bangalore, India, Oriental Press. 491 p.
14. Inman-Bamber N.G; Culverwell T. L; McGlinchey M.G. 1993. Caña de azúcar respuestas de rendimiento de predicción a riego de la caña de azúcar a partir de un modelo de crecimiento y de campo registros. Actas de la South African Sugar Tecnólogos Asociación , Ficha Técnica 19, p. 66-72.
15. Inman-Bamber N.G. and Smith D.M., 2005. Agua relaciones en la caña de azúcar y su respuesta a déficit de agua. Fields Crops Research, 92:185-202.
16. Lira, V. De; Barbosa da Silva, B.; Dantas Neto, J.; Sobral de Farias, M. S.; Candide Bezerra, M. V.; Soares Franco, E. y Centeno, C. R. M. 2009. Análise espectral de índice de vegetación en área irrigada con caña de azúcar. Ingeniería Ambiental 6:113-120.
17. López, E. 2008. Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 84 p.
18. Martínez, M. 1995. Fisiología de la maduración de la caña de azúcar. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 8 p.
19. Melgar M. 2010. Tendencias de la investigación en caña de azúcar a nivel mundial CENGICAÑA Presentación de resultados de investigación Zafra 2009 - 2010 Guatemala CENGICAÑA. p. 10-17.
20. Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinosa, R. 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 512 p.
21. Moore, P. 2005. Integración de la acumulación de sacarosa procesos a través de las escalas jerárquicas: hacia el desarrollo de una comprensión de la gen-a-cultivo-continuo. Campo Investigación de Cultivos. 92:119-135.
22. Orozco, H et al.1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum spp*), en Guatemala con fines de investigación en variedades. Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 33 p. (Documento Técnico no. 6).
23. Pereira 2006. Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo en áreas intensamente cultivadas. Revista Brasileña de Ingeniería Agrícola y Ambiental 10(2):294-305.
24. Romero R. 2005. Emergencia y crecimiento inicial de caña planta de la variedad TUCCP 77- 42 en diferentes épocas de plantación. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 82 (1-2): 37-44.

25. Soto, G. 1995. Prototipo varietal de caña de azúcar para la agroindustria azucarera guatemalteca. Escuintla. Guatemala, CENGICAÑA. s.p. (Documento Técnico no. 5 ).
26. Soto, G; Orozco, H. 1998. Resultados sobre el desarrollo de variedades apropiadas para la agroindustria azucarera guatemalteca, noviembre de 1997 a julio de 1998. *In* Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 1997-98. Guatemala, CENGICAÑA. p. 8-12.
27. Souza Rolim G De. 2008. Validación del deardorff modelo para la estimación de los componentes del balance energético para el cultivo de caña de azúcar. *Ciencia Agrícolas*. Piracicaba, Brasil 658(4):325-334.
28. Subiros, F. 2000. Cultivo de caña de azúcar. San José, Costa Rica, IICA. 109.p



### **3.1 PRESENTACIÓN**

Los servicios realizados en el área de investigación y desarrollo de BASF, fueron de parte esencial, así como fuente de información para la entidad a la cual fueron prestados.

Estos servicios fueron distribuidos en la recolección y análisis de datos, realización de documentos, así como la participación en todos los ensayos establecidos durante el periodo de EPS.

La elaboración de estos servicios fue fundamental en esta etapa de aprendizaje ya que es importante que la semilla reúna diferentes características físicas como lo son la calidad genética (pureza varietal), sanitarios (libre de enfermedades y plagas), física (vigor del tallo, sin daños mecánicos, contaminantes y otros) y fisiológica. La presencia de las cuatro cualidades esenciales en su máximo nivel permite que la semilla esté en su máxima calidad integral. Cada una de ellas aporta su capacidad para originar plantas productivas es por ello que la debilidad de cualquiera de ellas introduce un factor limitante y como consecuencia plantas poco productivas.

### **3.2 Área de influencia**

Los servicios prestados se llevaron a cabo en distintas ubicaciones, debido a que los ensayos de campo que se evaluaban eran distintos día con día, así como el área de investigación de cada ingenio determinaba el lugar finca y condiciones bajo las que se evaluarían los distintos ensayos enfocados a cada una de sus necesidades.

La realización de los servicios evaluación de la brotación tanto en toletes como en esquejes se realizó en las instalaciones de la finca San Patricio perteneciente al ingenio Magdalena, debido a que ahí existen instalaciones de laboratorio y procesos de propagación de variedades

### **3.3 Objetivo general**

Asistir y apoyar en las distintas actividades y ensayos que se realizaron en el área de investigación y desarrollo BASF de Guatemala durante el periodo de Febrero a Noviembre de 2013.

### **3.4 Servicios prestados**

**3.4.1 Servicio 1: Evaluación de la Brotación de yemas y desarrollo de plantía de caña de azúcar (Saccharum spp.) con la aplicación de diferentes productos al momento de la siembra en Ingenio Magdalena.**

#### **3.4.1.1 Introducción**

La multiplicación vegetativa de plantas a través de métodos de micro propagación proporciona ventajas en las que se puede mencionar: mayor tasa de germinación, menor uso de área, control fitosanitario adecuado y menor tiempo. Donde se requiere de instalaciones adecuadas y especializadas. De acuerdo a CENGICAÑA (2012) algunos ingenios azucareros poseen laboratorios de propagación en los cuales limpian y multiplican variedades. El ingenio Magdalena ha incrementado sus volúmenes de producción en el año 2009 se estimó la propagación de 1.2 millones de plantas y para el año 2012 se proyectó 3 millones de plantas. Sin embargo, comentarios de técnicos de laboratorio enfatizan en el aseguramiento e incremento del porcentaje de brotación por lo cual requieren de una solución adecuada y que proporcione este beneficio ya que la semilla constituye un factor importante de la producción de caña de azúcar porque la cantidad de yemas por metro lineal que se siembre puede influir directamente en los principales componentes de la producción de caña.

La presente investigación tiene como finalidad el incrementó en el vigor y porcentaje de brotación y con ello la productividad en los cultivos de caña de azúcar. Por lo cual técnicos



de la compañía BASF® desarrollan productos para el incremento de la brotación mediante la aplicación de Regnum 25 EC (pyraclostrobin) en el momento de la siembra. Ante ello se estableció un diseño estadístico de BCA para la evaluación de este efecto y poseer registro del porcentaje de brotación.

### **3.4.1.2 Definición del problema**

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

En la caña de azúcar la brotación de las yemas es influenciada por factores externos e internos, los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo, los factores 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 brotación es de 12°C. Un suelo cálido y húmedo asegura una rápida brotación esta produce una mayor respiración y por eso, es importante tener una buena aireación del suelo. Por esta razón, los suelos abiertos, bien estructurados y porosos permiten una mejor germinación.

Bajo condiciones de campo, una germinación en torno del 60% puede ser considerada segura para un cultivo satisfactorio de caña es por ello que para asegurar el establecimiento de una buena plantación comercial debe partirse de la confección de la semilla ya que contar con material de buena calidad, facilita la fácil brotación, buen vigor y amacollamiento, una mayor homogeneidad en la plantación: una mayor vida del cañal y altas posibilidades de tener una plantación con elevada capacidad productiva.

### **3.4.2 Objetivos**

- Cuantificar el porcentaje de brotación de yemas según tratamiento establecido
- Determinar el vigor de plantía según tratamiento establecido

### **3.4.3 Metodología**

El ensayo fue establecido el día 16 de Julio para las yemas sin tratamiento Hidrotérmico mientras que el ensayo en el cual las yemas fueron sometidas al mismo fue el 17 de Julio del 2013 para este caso el tratamiento Hidrotérmico consiste en sumergir las yemas en agua a una temperatura de 52° C durante 30 minutos.

La Variedad con la cual se trabajo es la CP 73-1547 en la cual se realizó una selección de las yemas destinadas a la siembra en el cual consistía en eliminar las yemas que presentaran daño al momento del corte así como por insectos y enfermedades. En cada canasta como ya se dijo antes fueron colocadas 72 yemas para hacer un total 288 yemas por tratamiento de las cuales fueron colocadas sin selección de acuerdo si eran yemas de la base, media o punta, en un sustrato inerte de piedra pómez Los datos de conteo de brotación se llevaron a cabo a los 10 y a los 13 días después de la siembra para el caso de las yemas sin tratamiento Hidrotérmico mientras las que fueron sometidas al mismo fue a los 10 y 16 días después de la siembra.

#### **3.4.3.1 Condiciones Experimentales**

##### **3.4.3.1.1 Materiales y Métodos**

**Ubicación:** El ensayo se ubicó en la finca San Patricio perteneciente al Ingenio Magdalena, donde se posee instalaciones de laboratorio donde existen procesos de propagación de variedades.

### 3.4.3.2 Diseño y tamaño de unidades experimentales

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Se instaló bajo dos enfoques con tratamiento hidro térmico y no hidro térmico. En cada uno se estableció los cinco tratamientos.

Cada unidad experimental se estableció en canastas de plástico de 19 x 15 cm donde se sembró uniformemente 72 yemas considerando que esta es la capacidad de siembra de cada recipiente.

### 3.4.4. Tratamientos y dosis

Los tratamientos que se evaluaron se presentan a continuación

**CUADRO 17 TRATAMIENTOS Y DOSIS EVALUADAS CON TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO**

Tratamiento	Variabes	Dosis	<b>CON Tratamiento Hidrotérmico</b>
T1	UTC	Sin aplicación	
T2	Pyraclostrobin	2.5 cc/l	
T3	Pyraclostrobin + BAS 289 03F	2.5 cc/l + 5.62 cc/l	
T4	BAS 703 02 F	1.87 cc/l	
T5	BAS 703 02 F + BAS 289 03F	1.87 cc/l + 5.62 cc/l	

**CUADRO 18 TRATAMIENTOS Y DOSIS EVALUADAS SIN TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO**

Tratamiento	Variabes	Dosis	<b>SIN Tratamiento Hidrotérmico</b>
T1	UTC	Sin aplicación	
T2	Pyraclostrobin	2.5 cc/l	
T3	Pyraclostrobin +BAS 289 03 F	2.5 cc/l + 5.62 cc/l	
T4	BAS 703 02 F	1.87 cc/l	
T5	BAS 703 02 F + BAS 289 03F	1.87 cc/l + 5.62 cc/l	

#### **3.4.4.1 Aplicación de los tratamientos**

Para las aplicaciones se hizo uso de recipientes de capacidad de 5 litros para sumergir las yemas durante 20 segundos para luego realizar la siembra. La fecha de aplicación se llevó a cabo el día 16 de julio de 2013. Para las aplicaciones se realizaron mezclas según los tratamientos y dosis, en el volumen que se utilizó para cada tratamiento fue de 5 litros. A la mezcla final se le adiciono Break Thru a razón de 0.3 cc/l.

#### **3.4.5. Variables respuesta**

- Porcentaje de brotación
- Sanidad de plantía
- Vitalidad de plantía (altura, diámetro para el caso del tratamiento Hidrotérmico)

#### **3.4.6 Análisis de la Información**

Para el análisis de cada una de las variables registradas se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el programa de cálculos Infostat®. La toma de datos se efectuó en periodos de tiempo de 10 Y 13 días después de la siembra

### 3.4.7. Resultados



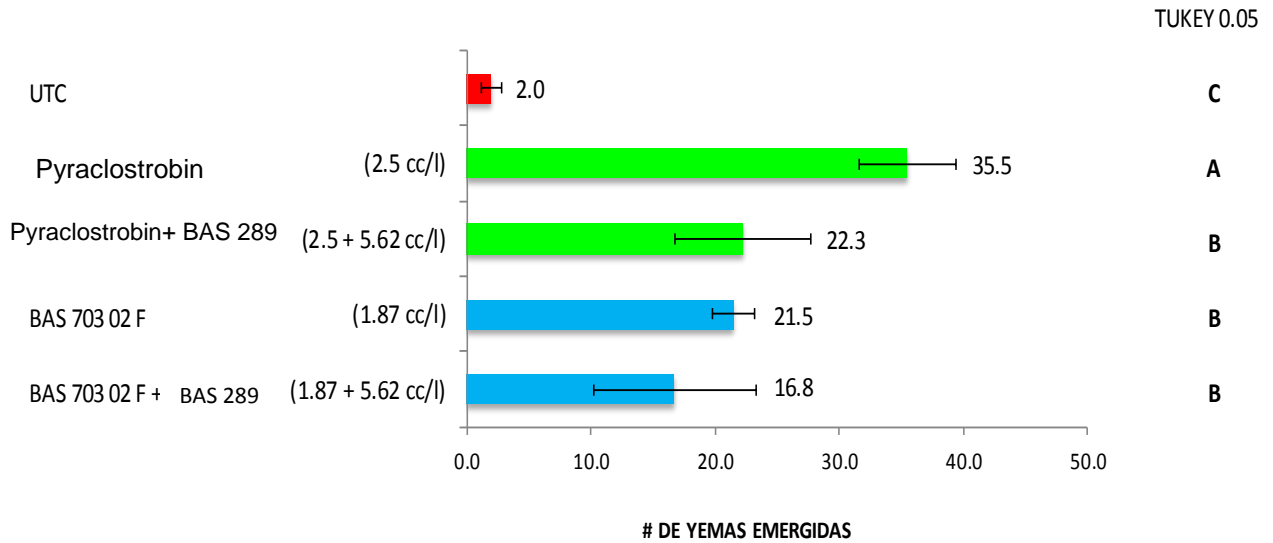
**Figura 16 Siembra de toletes con los distintos tratamientos**

Desde el momento en que se inicio la siembra de toletes para determinar el porcentaje de brotación en los tratamiento en evaluación, eliminando las yemas con presencia de enfermedades o daños por plaga. Como se muestra en la figura 17.



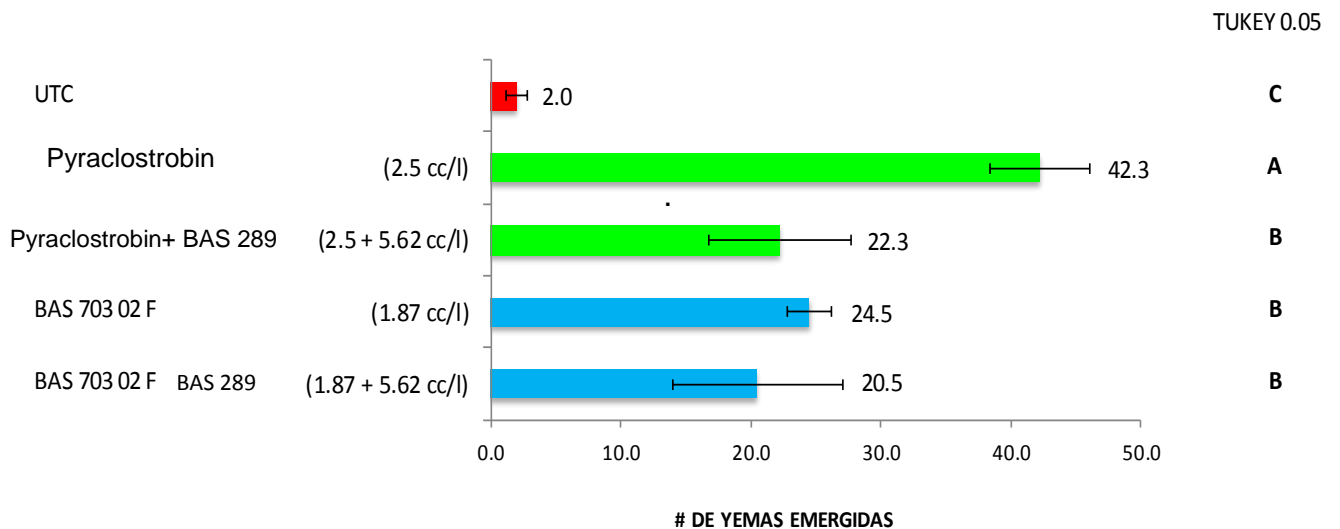
**Figura 17 Yema con daño por enfermedad**

Número de yemas brotadas a los 10 días después de la siembra, el conteo se realizó en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones.



**Figura 18 Brotación de yemas a los 10DDS**

El efecto del tratamiento en las yemas, es evidente como mejora habiendo una tendencia hacia el tratamiento 2 que contiene Pyraclostrobin seguido ordenadamente por el T4 (BAS 703 02 F), T3 (Pyraclostrobin + BAS 289 03 F) y T5 (BAS 703 02+ BAS 289 03 F) estos con respecto al testigo el cual no tiene ninguna aplicación ya que la diferencia entre cada uno de los tratamiento y el testigo es muy notoria.



**Figura 19 Número de yemas brotadas a los 13 DDS**

Con tres días de diferencia el número de la brotación se incrementa manteniendo el mismo orden de la figura 19 en cuanto al número de emergencia respecto a cada tratamiento.

**Cuadro 19 Análisis de varianza para la variable % de brotación en yemas sin tratamiento hidrotérmico**

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	
Modelo	7	2809.88	401.40	25.33	0.0001	*S
Tratamiento	4	2766.83	692.71	43.65	0.0001	*S
Repetición	3	42.95	14.32	0.9		
Error	12	190.18	15.85			
Total	19	2999.95				

\*s= significancia

Según el análisis de varianza par la variable TAH si existe diferencia significativa para los tratamientos evaluados por lo que es necesaria una aprueba de medias como lo muestra el cuadro 20.

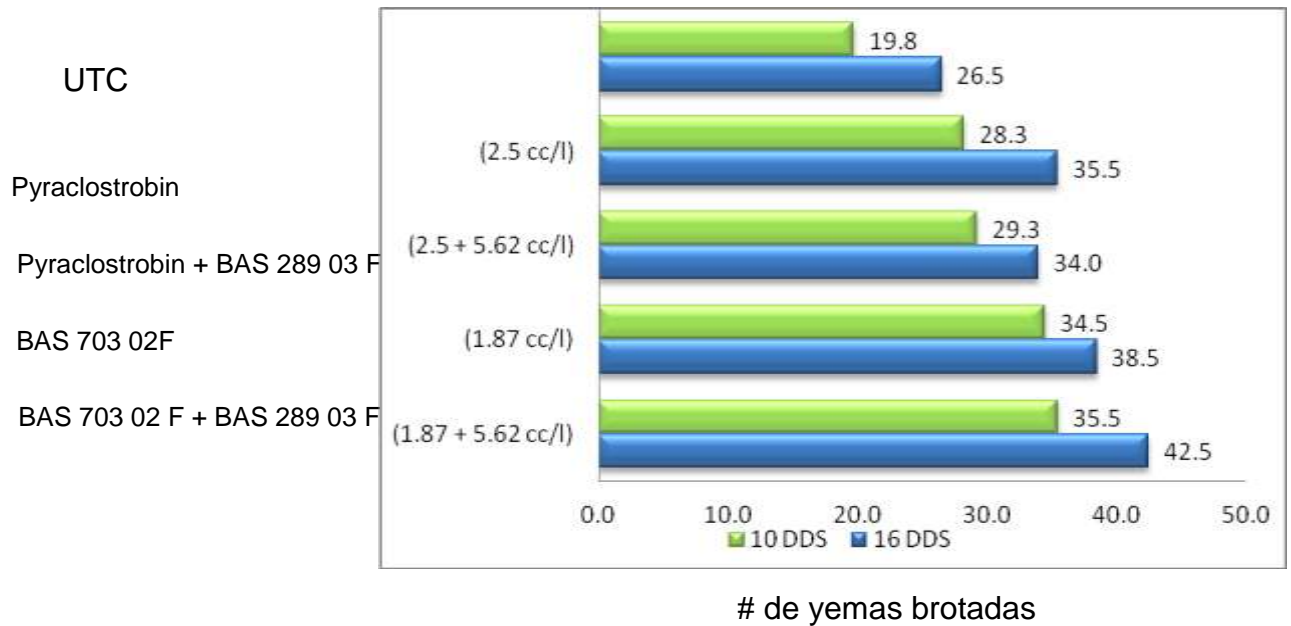
**Cuadro 20. Prueba de media para la variable % Brotación**

Tratamiento	Medias	n	E.E:	
T2	38.88	4	1.99	A
T4	23	4	1.99	B
T3	22.25	4	1.99	B
T5	18.63	4	1.99	B
T1	2	4	1.99	C

Error: 15.8479

gl: 20

Con el análisis de medias se observa que el tratamiento con mayor media es el T2 que contiene Pyraclostrobin y el que presenta menor media es el T1 que es el testigo sin aplicación. Así también puedes observar que existe significancia entre tratamientos más no en los bloques.



**Figura 20 Yemas con tratamiento Hidrotérmico**

Las yemas que fueron sometidas a tratamiento Hidrotérmico presentan un número mayor de brotación al de las yemas que no fueron tratadas hidrotérmicamente esto para los activos codificados en este caso el tratamiento con mayor número de yemas brotadas es el T5 en ambas lecturas 10 y 16 días después de la siembra seguido del T4 el T3 y T2 presentan un comportamiento similar en ambos muestreos y por último el T1 sin ningún tratamiento que presenta un menor número de brotación.

**Cuadro 21 Análisis de varianza para las yemas con tratamiento Hidrotérmico**

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	
Modelo	7	732.51	104.64	3.70	0.0228	*S
Tratamiento	4	589.08	147.27	5,21	0.0114	*S
Repetición	3	143.44	47.81	1.69	0.2215	
Error	12	339.13	65.99			
Total	19	1071.64				

\*S= significativo



Según el análisis de varianza par la variable TAH si existe diferencia significativa para los tratamientos evaluados por lo que es necesaria una aprueba de medias como lo muestra el cuadro 22.

**Cuadro 22 Prueba de medias para la variable % brotación en yemas con tratamiento hidrotérmico**

Tratamiento	Medias	n	E.E:	
T5	39	4	2.66	A
T4	36.5	4	2.66	A
T3	31.88	4	2.66	A B
T2	31.63	4	2.66	A B
T1	23.13	4	2.66	C

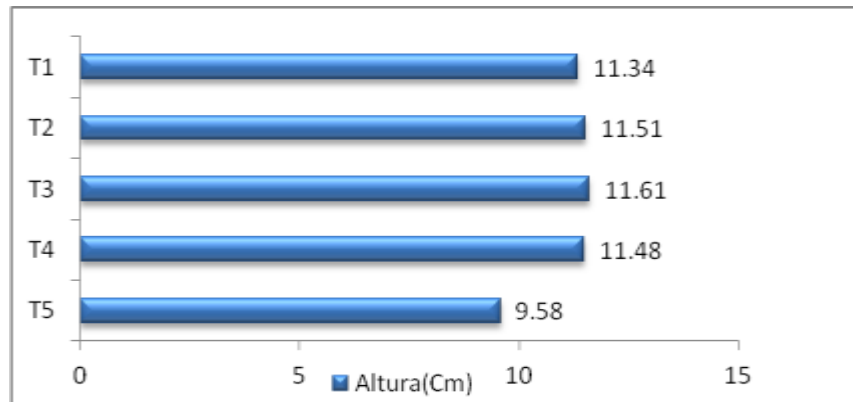
Error: 65.9877

gl: 20

Con el análisis de medias se observa que el tratamiento con mayor media es el T5 que contiene BAS 703 02 F + BAS 289 03F seguido del T4 BAS 703 02 F y el que presenta menor media es el T1 que es el testigo sin aplicación. Así también puedes observar que existe significancia entre tratamientos más no en los bloques.

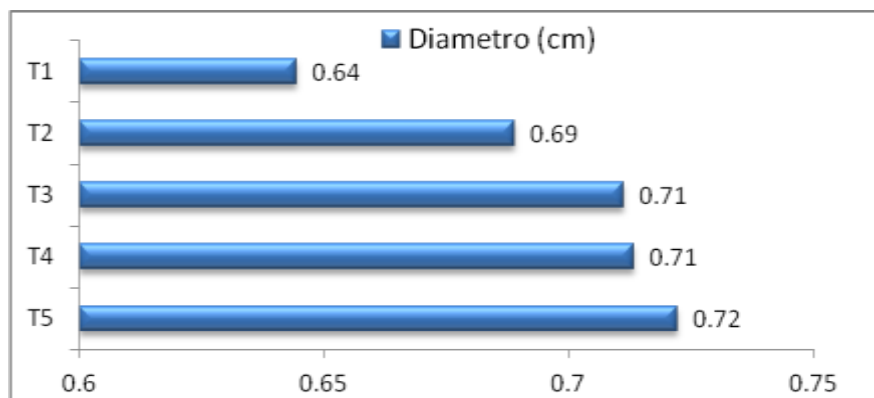
### 3.5.1 Análisis biométrico.

La obtención de los datos fue por la toma de tres plantas al azar a las cuales se les tomó dato de altura y diámetro de cada tratamiento.



**Figura 21 Altura de plantas según tratamiento**

Se observa que no existe una diferencia notoria en la altura de los tratamientos esto se justifica puesto que en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 hay mayor población.



**Figura 22 Diámetro de plantas según tratamiento**

El tratamiento que presenta mayor diámetro es el T5 seguido del T4 y T3 y el de menor promedio es el testigo el diámetro es un dato importante ya que a mayor diámetro de la planta hay mayor número de división de los meristemos y con ello mayor multiplicación.

### 3.4.8. Conclusiones.

- Todos Los tratamientos evaluados mejoraron el % de brotación con el uso de, Pyraclostrobin comparado la primera prueba (testigo).
- Se observó que durante la diferencia de tres días entre los muestreos realizados hubo incremento en el % de brotación en todos los tratamientos excluyendo el T1 al que no se le aplicó ningún tratamiento.
- Con el uso de Pyraclostrobin se rompe la dominancia apical garantizando con ello un mayor % de brotación.
- En las canastas donde se aplicó Pyraclostrobin y los nuevos activos codificados se observó uniformidad en los brotes así como un mayor número de brotación con respecto al testigo llegando a los 13 días con una diferencia de 40.3 entre el T2 y el T1.
- El tratamiento con mejores resultados fue el T2 (Pyraclostrobin 2.5 cc/l), que incluso en combinación con los nuevos activos, esto se debe a que estos productos están siendo evaluados en cuanto a dosis.

### **3.5 Servicio 2: Evaluación de la Brotación de yemas, desarrollo foliar y desarrollo de raíces en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con la aplicación de Diferentes productos al momento de la siembra con empleo de peceras de vidrio en Ingenio Magdalena.**

#### **3.5.1 Introducción**

Un importante factor en el ritmo de crecimiento de las plantas es la habilidad de las raíces para crecer y explorar el suelo para la obtención del agua y los nutrientes (Clark, Whalley y Barraclough, 2003, pp. 93-104). El estudio de la masa radical es poco frecuente debido a múltiples causas, entre las cuales se encuentran el uso inapropiado de tecnologías de muestreo, variabilidad en las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo; así como disponibilidad de humedad.

Un sistema radicular profundo debe ser una característica deseable para los cultivares de caña de azúcar plantados en regiones que sufren estrés hídrico, debido a que aseguraría su habilidad para tolerar estas condiciones.

Por lo tanto, la expresión del potencial de productividad agrícola de un genotipo de caña de azúcar en determinado ambiente de producción depende del complejo vivo que se desarrolla debajo de la superficie es decir de sus raíces y lo que ocurra en el desarrollo radicular está muy relacionado con la parte foliar.

La presente investigación tiene como finalidad el incrementó en el porcentaje de brotación en el cultivo de caña de azúcar mediante la aplicación de Regnum 25 EC (pyraclostrobin) en el momento de la siembra. Ante ello se establecerá un diseño estadístico de BCA para la evaluación de este efecto y poseer registro del porcentaje de brotación y desarrollo foliar y radicular.

### 3.5.2. Definición del problema

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp*) , es cada vez más complejo, debido principalmente al incremento de área que ha experimentado dicho cultivo, incremento que en las últimas décadas se ha acelerado, por ello en el establecimiento de un cultivo de caña de azúcar, la calidad de la semilla ya que un cultivo comercial que se va a aprovechar durante varios cortes requiere desde su inicio un manejo adecuado que empieza con una buena preparación del suelo, una buena selección de la semilla destinada para la siembra con yemas sanas y funcionales y de buen vigor para garantizar la emergencia y brotación.

Esto hace necesario disponer de un plan de manejo para garantizar que la semilla presente una buena brotación es por ello que con el fin de mejorar las condiciones de la semilla se considera necesario el uso de Pyraclostrobin que produce un efecto fisiológico del cultivo esto se hace con la finalidad de garantizarle una mejor productividad.

### 3.5.3. Objetivos

- Cuantificar el porcentaje de brotación de yemas según tratamiento establecido
- Determinar el desarrollo foliar y radicular de plantía según tratamiento establecido

### **3.5.4 Metodología**

El ensayo fue establecido el día 9 de Julio se busco un suelo que tuviera presencia de plagas ya que los productos codificados poseen insecticidas y se sabe que un buen control de las plagas del suelo contribuye para el desarrollo radicular ya que lo que ocurre en las raíces repercute en la parte aérea.

La Variedad con la cual se trabajo es la CP 72-2086 en la cual se realizo una selección de los esquejes destinados a la siembra en el cual consistía en eliminar los esquejes que presentaran daño por insectos y enfermedades así como que no presentaran 4 yemas viables y incluso si no median 60 cm. En cada pecera como ya se dijo antes fueron colocados 2 esquejes de 4 yemas cada uno es decir 8 yemas por pecera y como son 2 repeticiones en total por tratamiento son 16 yemas las cuales fueron tomadas como unidades experimentales (UE). Los datos de conteo de brotación, peso follaje y raíz se llevaron a cabo a los 57 días después de la siembra

### **3.5.5 Condiciones Experimentales**

#### **3.5.5.1 Materiales y Métodos**

**Ubicación:** El ensayo se ubicó en la finca San Patricio perteneciente al Ingenio Magdalena, donde se posee instalaciones de laboratorio donde se existen procesos de propagación de variedades.

#### **3.5.6 Diseño y tamaño de unidades experimentales**

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar con cuatro tratamientos y dos repeticiones. Cada unidad experimental se estableció en peceras de vidrio con dimensiones de 0.7 m x 0.15 x 0.30 m. donde se sembró uniformemente 2 esquejes de 4 yemas cada uno (8 yemas/pecera), considerando que esta es la capacidad de siembra de cada recipiente.

### 3.5.7 Tratamientos y dosis

Los tratamientos que se evaluaron se presentan a continuación en el cuadro 3.

**Cuadro 23 Tratamientos y Dosis evaluados**

Tratamiento	Variables	Dosis
T1	UTC	Sin aplicación
T2	Pyraclostrobin	2.5 cc/l
T3	Pyraclostrobin + BAS 289 03F	2.5 cc/l + 5.62 cc/l
T4	BAS 703 02 F + BAS 289 03F	1.87 cc/l + 5.62 cc/l

#### 3.5.7.1 Aplicación de los tratamientos

Para las aplicaciones se hizo uso de recipientes de capacidad de 20 litros para sumergir los esquejes durante 20 segundos para luego realizar la siembra. La fecha de aplicación se llevo a cabo el día 9 de julio de 2013. Para las aplicaciones se realizaron mezclas según los tratamientos y dosis, en el volumen que se utilizo para cada tratamiento fue de 10 litros. A la mezcla final se le adiciono Break Thru a razón de 0.3 cc/l.

#### 3.5.8 Variables respuesta

- Porcentaje de brotación
- Longitud raíz principal
- Peso raíz
- Peso follaje (Hojas bandera)

### 3.5.9 Análisis de la Información

Para el análisis de cada una de las variables registradas se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el programa de cálculos Infostat®. La toma de datos se efectuó por un método destructivo ya que peso las raíces y el área foliar esto a los 57 días después de la siembra.

### 3.6. Resultados



**Figura 23 Siembra de esquejes con los distintos tratamientos**

Desde el momento en que se inicio la siembra de esquejes para determinar el porcentaje de brotación, peso follaje y peso de raíz de en los tratamiento en evaluación, eliminando las yemas con presencia de enfermedades o daños por plaga.

Al momento de la obtención de datos se extrajeron con sumo cuidado cada esqueje a manera de perder la menor cantidad se raíces posibles posterior a ello se lavaron las mismas y se tomo la longitud de cada raíz a si como su peso lo mismo con el follaje solo que para este caso se peso por aparte las hojas banderas para luego pesar el resto de las hojas. Con respecto a raíces había mayor número de pelos absorbentes en los



tratamientos 2, 3 y 4 esto con respecto al testigo como se muestran en las siguientes figuras.

**Figura 24. Testigo (T1)**

El testigo sin aplicación no presenta un desarrollo radicular predominante en comparación al T2.



**Figura 25. T2 Pyraclostrobin 2.5 cc/l (Regnum 25 EC)** presenta un crecimiento radicular bien desarrollado con presencia de pelos absorbentes en gran cantidad.



**Figura 26 T3 Pyraclostrobin**

Con BAS 289 03 F en dosis 2.5 cc/l + 5.62 cc/l el cual presentaba raíces blancas con un promedio de 7.66 g.



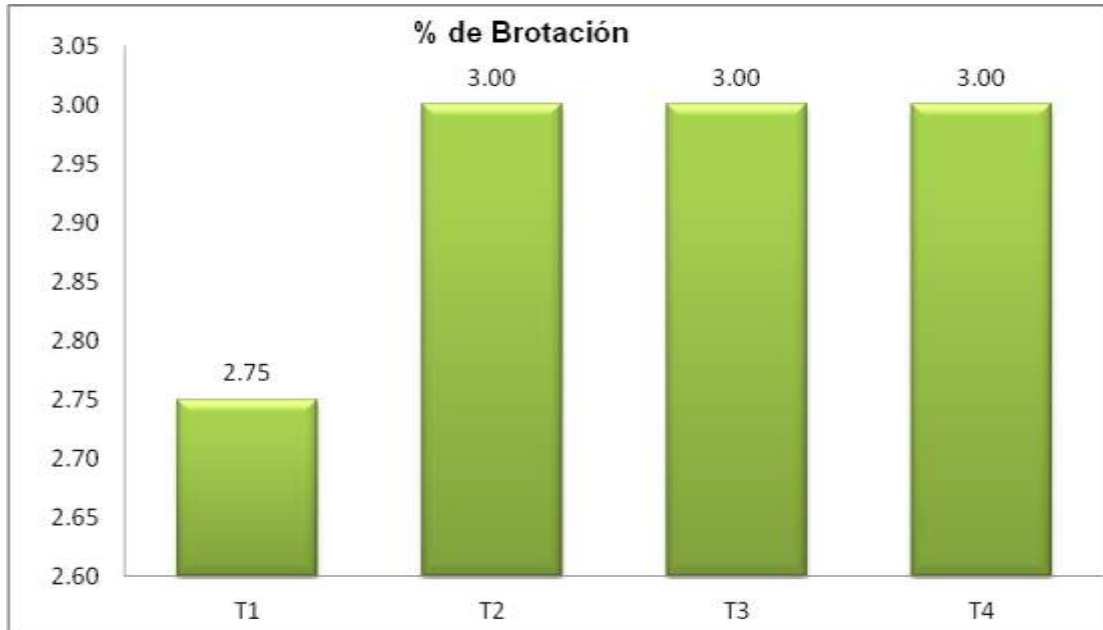
**Figura 27. T4 BAS 703 02 F**  
 Con BAS 289 03 F en dosis  
 1.87 cc/l + 5.62 cc/l presenta-  
 ba un desarrollo radicular con  
 presencia de raíces blancas.



**Figura 28. Peso de raíz y área foliar**

Se corto cuidadosamente cada raíz de cada yema brotada así como el peso de las hojas banderas y demás Área foliar.





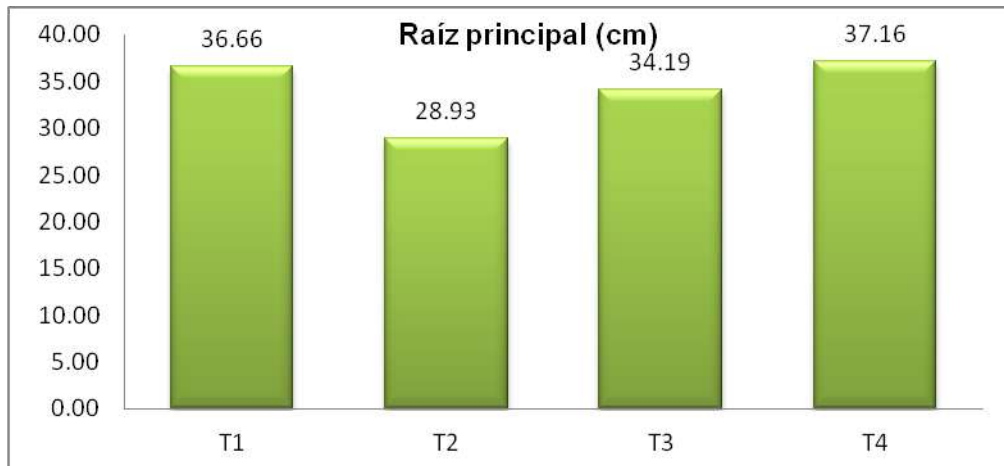
**Figura 29. % de yemas brotadas según tratamiento evaluado**

El efecto de los tratamientos en las yemas, no es muy evidente ya que no existe diferencia significativa entre los mismos ya que el porcentaje de brotación no es muy amplio como para hacer diferencias aunque los tratamientos. T2 que contiene Regnum seguido ordenadamente por el T3 (Pyraclostrobin con BAS 289 03 F), T4 (BAS 703 02 con BAS 289 03 F) presentan la misma media estos con respecto al testigo el cual no tiene ninguna aplicación.



**Figura 30 Peso de raíz de caña e azúcar en gramos**

El efecto del tratamiento en los esquejes en cuanto a peso de raíz muestra que el testigo presenta una mayor media en comparación al T2, T3 y T4 esto se debe a que en el testigo presentaba raíces largas y profundas lo cual indica que las raíces presentaban síntomas de estrés hídrico en comparación de los tratamientos T2, T3 y T4 que presentaba un mayor desarrollo radicular con presencia en gran cantidad de pelos absorbentes.



**Figura 31. Longitud de raíz principal del cultivo de caña de azúcar**

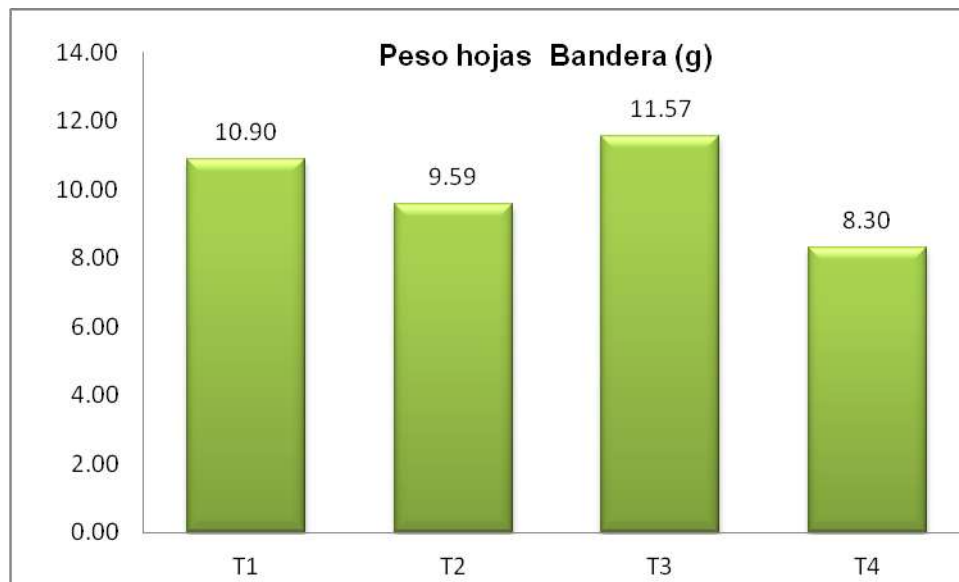
En cuanto a longitud de raíz el T1 (testigo) y T4 (BAS 703 02 F Con BAS 289 03 F) presentan un comportamiento similar aunque el T4 presenta mayor pelos absorbentes.

**Cuadro 24 Análisis de varianza para la variable longitud de raíz**

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	
<b>Modelo</b>	6	403.28	82.21	1.06	0.4483	NS
<b>Tratamiento</b>	3	178.08	59.36	0.77	0.5405	NS
<b>Repetición</b>	3	315.20	105.07	1.36	0.3163	
<b>Error</b>	9	696.05	77.34			
<b>Total</b>	15	1189.33				

NS= no significativo

Como se muestra en el análisis de varianza para el caso de peso de raíz así como para el caso de longitud de raíz no presenta significancia.



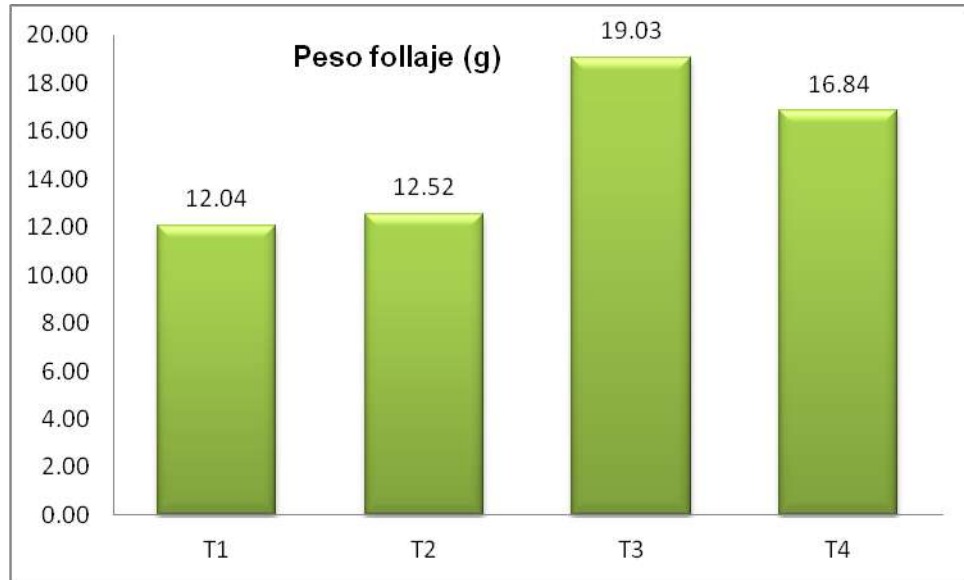
**Figura 32. Peso hojas bandera en gramos de caña de azúcar**

**Cuadro 25. Análisis de varianza peso hoja bandera**

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	
<b>Modelo</b>	6	91.96	15.33	0.8	0.594	NS
<b>Tratamiento</b>	3	22.08	7.36	0.38	0.7674	NS
<b>Repetición</b>	3	69.89	23.3	1.21	0.3593	
<b>Error</b>	9	172.62	19.18			
<b>Total</b>	15	400.5				

NS= no significativo

No existe significancia en ninguno de los tratamientos en cuanto al dato de peso en hojas bandera



**Figura 33 Peso Follaje de caña de azúcar según tratamientos evaluados**

No existe diferencia significativa para ninguno de los tratamiento evaluados para la variable peso del follaje.

### **3.7. Conclusiones.**

Con el uso de Pyraclostrobin se rompe la dominancia apical garantizando con ello un mayor % de brotación.

En las peceras donde se aplicó Pyraclostrobin y los nuevos activos codificados se observó uniformidad en los brotes así como un mayor número de brotación con respecto al testigo, así como un desarrollo radicular mejor en los tratamientos 2, 3 y 4.

En la mayoría de las variables respuestas según el análisis de varianza ningún tratamiento presenta significancia alguna esto puede deberse a varios factores como los son que tiempo de cosecha es decir que posiblemente el tiempo para la obtención de datos es antes de los 50 días después de la siembra otra de las posibles causas y quizá la más notoria sería a que los nuevos activos están siendo evaluados en cuanto a dosis.

### 3.8. Bibliografía

1. Ahmed M. A, Chavanne E. Noguera A., Zavaleta J, y Scandaliaris J: 2002. Semillero básico: primera etapa de multiplicación de vitroplantas de caña de azúcar. Avance Agroindustrial 23 (2): 28-30.
2. Buenavenetura, CE. 1990. Semilleros y sembra de la caña de azúcar. Cali, Colombia, CENICAÑA. 10 p. (Serie Técnica no. 6).
3. Fauconnier, R; Bassereau, D. 1975. La caña de azúacr: técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, Española, Blume. 405 p.
4. Humbert, RP. 1974. El cultvo de la caña de azúcar. México, CECOSA. 719 p.
5. Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinoza, R. 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 512 p.
6. Morales, F. 1996. Fisiología de la reproducción de la caña de azúcar. In Curso Regional, Obtención y selección de Variedaes de Caña de Azúcar.Cuba 16 p.
7. Pérez, O.; 2,002. Nutrición y fertilización de caña de azúcar de Guatemala. Boletín Tecnico informativo año 10, No. 1. Guatemala pp.3-8.
8. Romero, R. 2005 Emergencia y crecimiento inicial de la caña de azúcar en diferentes épocas de plantación. Revista Industrial y Agrícola de Tucuman 82(1-2):37-44.
9. Pireño, T.A; Ojeda, E. 1986. Factores que influyen en la brotación de la caña de azúcar. Boletín instituto de Investigaciones de l acaña de azúcar (cuba) 3:2:14