

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

PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE FUENTES DE POTASIO COMO PREMADURANTES EN  
CAÑA DE AZÚCAR; FINCA ENCUENTROS DOS, LA MÁQUINA, RETALHULEU  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

**NELSON FRANCISCO GARCIA DURAN**  
CARNET 24308-11

COATEPEQUE, SEPTIEMBRE DE 2018  
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

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

PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE FUENTES DE POTASIO COMO PREMADURANTES EN  
CAÑA DE AZÚCAR; FINCA ENCUENTROS DOS, LA MÁQUINA, RETALHULEU  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

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

POR  
**NELSON FRANCISCO GARCIA DURAN**

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

COATEPEQUE, SEPTIEMBRE DE 2018  
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

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

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

### **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL

### **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

ING. SERGIO ALEJANDRO MANSILLA JIMÉNEZ

Guatemala, 01 de octubre de 2018

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Práctica Profesional del estudiante Nelson Francisco Garcia Duran, que se identifica con carné 24308-11, titulado: "**Participación en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurantes en caña de azúcar, bajo condiciones de finca Los Encuentros, la Máquina San Andrés Villa Seca Retalhuleu**", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Harry Florencio de Mata Mendizábal

Asesor

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante NELSON FRANCISCO GARCIA DURAN, Carnet 24308-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 06176-2018 de fecha 27 de septiembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE FUENTES DE POTASIO COMO  
PREMADURANTES EN CAÑA DE AZÚCAR; FINCA ENCUENTROS DOS, LA MÁQUINA,  
RETALHULEU

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 28 días del mes de septiembre del año 2018.



---

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios: por ser el Rey del Universo y permitirme sonreír nuevamente y tener salud para concluir mis metas.

A mi madre: Sonia Elizabeth Durán Melgar por ser un ejemplo a seguir de trabajo y Apoyo Incondicional.

A mi padre: Víctor Samuel García Bonilla por ayudarme y apoyarme siempre con sus consejos y su ejemplo de perseverancia, rectitud e integridad.

A mi Esposa: Sucely Yaneth Hernández Tاهual, Por ser mi Apoyo incondicional y Luchar a mi Lado.

A mis hermanos: por todo el apoyo que me han brindado durante toda mi carrera.

A mis hijos: Nelson Noel García Flores, Hendersson Francisco García Hernández y Oliver Winybyker García Hernández por ser la razón de mi lucha y perseverancia.

A mis Catedráticos y Centros de Formación por compartir conmigo sus conocimientos.

## **Dedicatoria**

**A Dios:** por permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera.

**A mis padres:** por darme la vida y ayudar a ser la persona quien soy ahora.

**A mis hermanos, parientes y amigos:** por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

**A mis hijos:** Por ser la razón de mí existir, ya que son ellos la fuerza de levantarme cada día para ser mejor persona.

## ÍNDICE

Contenido	Página
RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
II. ANTECEDENTES .....	3
2.1 REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1.1 Maduración artificial de la caña de azúcar .....	3
2.1.2 Objetivos de la maduración artificial .....	5
2.2 IMPORTANCIA DEL POTASIO EN CAÑA DE AZÚCAR .....	5
2.2.1 Extracción de elementos por la caña de azúcar .....	8
2.2.2 Aplicación de madurantes en caña de azúcar .....	9
2.2.3 Definición de madurantes .....	9
2.3 CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR .....	10
2.3.1 Origen .....	11
2.3.2 Clasificación taxonómica de la caña de azúcar .....	12
2.3.3 Fenología del cultivo de la caña de azúcar .....	12
a) Período de germinación .....	12
b) Período de crecimiento .....	13
c) Período de desarrollo .....	13
2.3.4 Requerimientos hídricos de la caña de azúcar .....	13
2.3.5 Requerimientos edafo-climáticos .....	14
2.3.6 Descripción de la actividad de la institución anfitriona .....	14
III CONTEXTO DE LA PRACTICA .....	15
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA .....	15
3.1.1 Proceso agrícola .....	16
3.1.2 Proceso industrial .....	16
3.1.3 Proceso comercial .....	16
3.1.4 Estructura organizacional .....	16
a) Gerente de producción .....	17
b) El Administrador .....	17
c) Jefe de zona .....	17

d) Mayordomo.....	17
e) Supervisor .....	17
f) Caporal de labores varias .....	18
g) Operador de maquinaria .....	18
h) Peón de labores varias .....	18
3.1.5 Organigrama de la empresa.....	18
3.2 NECESIDAD EMPRESARIAL Y EJE SISTEMATIZACION .....	19
IV. OBJETIVOS .....	20
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
V. PLAN DE TRABAJO .....	21
5.1 PROGRAMA DE DESARROLLO .....	21
5.1.1. Seguimiento al desarrollo del cultivo .....	21
5.1.2 Maduración del cultivo.....	21
5.1.3 Determinar la concentración de azúcar y punto de madurez .....	21
5.1.4 Factores estudiados .....	21
5.2 INDICADORES DE RESULTADOS .....	22
5.2.1. Selección del área.....	22
5.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	23
5.3.1 Modelo estadístico .....	23
5.3.2 Material experimental .....	24
5.3.3 Factor a estudiar .....	24
5.4. TRATAMIENTOS .....	24
5.4.1 Descripción .....	24
5.4.2. Unidad experimental .....	24
5.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	25
5.5.1 Descripción de la actividades realizadas en el cronograma de actividade .....	26
5.6 VARIABLES DE ESTUDIOS .....	28
a. Variable biometrica .....	28
b. Rendimiento.....	28
b.1 Toneladas de caña por hectárea (TCH) .....	28

b.2 Toneladas de azucar por hectarea (TAH) .....	28
c. Calidad del jugo .....	28
c.1 Porcentaje de jugo, pureza de jugo, grados brix.....	28
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
6.1. VARIABLES BIOMETRICAS.....	29
a. Altura de planta .....	29
b. Diametro de tallo .....	30
c. Numeros de tallos .....	30
6.2 RENDIMIENTO .....	30
a. Toneladas de caña por hectárea (TCH) .....	30
b. Toneladas de azúcar por hectárea (TAH) .....	33
6.3 CALIDAD DEL JUGO.....	36
a. Grados brix del jugo (°Brix) .....	36
b. Polarización del jugo (% sacarosa) .....	37
c. Pureza de jugo (%).....	39
d. Porcentaje de jugo .....	40
VII. CONCLUSIONES .....	42
VIII. RECOMENDACIONES.....	43
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
X. ANEXOS.....	49

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Características climáticas zona cañera .....	14
2. Descripción de tratamientos .....	24
3. Cronograma de actividades.....	25
4. Resumen del análisis de varianza y prueba de Tukey de las variables biométricas, altura de planta, diámetro de tallo y número de tallos en las unidades experimentales con aplicaciones de potasio como pre madurante. ....	29
5. Análisis de varianza para el rendimiento de caña en toneladas por hectárea en la Evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña. ....	31
6. Análisis de varianza para el rendimiento en toneladas de caña por hectárea en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar. ....	32
7. Analisis de varianza para el rendimiento en toneladas de azucar en toneladas por hectarea. ....	34
8. Prueba de tukey para el rendimiento en toneladas de azucar por hectareas en la evaluacion de fuentes de potasio como pre-maduranates en caña de azucar.....	35
9. Analisis de varianzaq para grados brix para cada uno de los tratamientos en la evaluacion de fuentes de potasio como pre-madurante en la cana azucar.....	36
10. Prueba de tukey para grados brix para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar. ....	37

11. Análisis de varianza para grados pol para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar. ....	38
12. Prueba de tukey para grados pol para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurantes en la la caña de azúcar. ....	39
13. Análisis de varianza para el porcentaje de jugo para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar. ....	40
14. Análisis de varianza para el porcentaje de jugo para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Fenología de la caña de azúcar. ....	7
2. Organigrama de la empresa.....	17
3. Prueba de medias para el rendimiento en toneladas de caña por hectárea en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar. ....	30
4. Prueba de medias para el rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar, letras iguales no presentan diferencia estadística entre ellas.....	33

# **PARTICIPACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE FUENTES DE POTASIO COMO PRE-MADURANTES EN CAÑA DE AZÚCAR, BAJO CONDICIONES DE FINCA LOS ENCUENTROS, LA MÁQUINA.**

## **RESUMEN**

La unidad productiva finca Los Encuentros, pertenece a la división agrícola del Ingenio Magdalena, se ubica en el municipio de San Andrés Villaseca, Retalhuleu, sobre las coordenadas 14°10'2.43" Latitud Norte y 91°40'3.65" Longitud Oeste a una altura de 8 metros sobre el nivel del mar, posee suelos de tipo Vertisol y sembrada en un 70% con la variedad CP72-2086, variedad rendidora de segundo tercio, pero muy floreadora. Esta característica afecta los rendimientos de azúcar/ha, por lo que se participó en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en la variedad CP72-2086, las aplicaciones se realizaron 120 y 60 días antes de floración, como fuentes de potasio se utilizaron los productos Complexato de potasio® en dosis de 2.0 l/ha, Cortázar® 1.5 kg/ha, K 35® 2.0 l/ha, Marketing® 2.0 l/ha y un testigo absoluto. Los resultados mostraron que Complexato de Potasio® fue el mejor tratamiento con una media de 229.18 TM/ha de caña, el rendimiento en azúcar fue de 8.67 toneladas/ha. Marketing® fue el segundo rendimiento con 8.29 toneladas de azúcar/ha y el tratamiento testigo fue el tercer rendimiento con 7.55 toneladas de azúcar/ha. Los productos, Complexato de Potasio®, Marketing®, K 35® y el Testigo permitieron tener la mayor concentración de grados Brix en porcentaje de sólidos disueltos en la solución del jugo. Cortazar®, fue el tratamiento que tuvo la menor concentración de grados Brix en la solución del jugo. Por lo que el uso de Complexato de potasio® se recomienda como pre-madurante en la variedad CP72-2086 para las condiciones de finca Los Encuentros.

## I. INTRODUCCIÓN

La expansión que ha tenido la industria azucarera guatemalteca en los últimos cincuenta años ha significado la incursión de esta industria, en ecosistemas que presentan distintas dificultades para el desarrollo óptimo de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), para producir azúcar teniendo en cuenta que un nuevo ecosistema incluye variaciones en el clima, suelo, la flora y fauna que lo habita (CENGICAÑA, 2006).

Uno de los factores que influye en la producción de caña de azúcar es el tipo de suelo. El suelo de finca Los Encuentros se clasifican dentro del tipo Vertisol, el cual dentro de sus características esta poseer altos contenidos de arcilla de coloración café rojiza, buen contenido de nutrientes y minerales, buena retención de humedad, tendencia a agrietamiento y compactación, una alta saturación de bases (MAGA, 2,000).

Los rendimientos de caña de azúcar de las variedades que se han sembrado sobre estos suelos, no han tenido los rendimientos esperados en toneladas de azúcar, rendimientos que se fijan a través de los resultados obtenidos con las mismas variedades en otras zonas productoras del mismo Ingenio. La búsqueda de soluciones a esta problemática de producción llevó a plantear la necesidad de evaluar cuatro fuentes de potasio en caña de azúcar de maduración Intermedia, en busca de incrementar el rendimiento de azúcar, las aplicaciones se realizaron en diferentes fechas para llevar al cultivo a su maduración, con la finalidad de no utilizar productos madurantes no herbicidas.

Las aplicaciones se realizaron a partir del noveno mes del cultivo, ya que en este momento se incrementó la demanda de potasio. Para cumplir con este propósito se desarrolló un plan de trabajo, programando las aplicaciones a los 120 y 60 antes de la cosecha, esto para no utilizar productos madurantes herbicidas ya que causan estrés al cultivo, así como daños a cultivos aledaños.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1.1 Maduración artificial de la caña de azúcar

Cuando las condiciones naturales no son favorables para la maduración de la caña de azúcar, es posible inducirla aplicando productos químicos conocidos como madurantes. Un madurante es un compuesto que, aplicado en pequeñas cantidades, inhibe, fomenta o modifica de alguna forma, procesos fisiológicos de la planta. En caña de Azúcar, estos compuestos actúan como reguladores de crecimiento que favorecen la mayor concentración de sacarosa (Almeida, 2003).

Actualmente existe una demanda de productos muy cambiante. En los E.E.U.U., países europeos y otros del resto del mundo, las exigencias en el mercado van aumentando hacia la adquisición de productos que no destruyan el medio ambiente y que no dañen la salud del hombre. Con respecto a la aplicación de madurantes y su efecto sobre la salud humana, hay estudios que demuestran aumento de malformaciones congénitas en niños de regiones sometidas a fumigación con glifosato (Molina, 2007).

Estos herbicidas son particularmente peligrosos, debido a que los productos comerciales poseen un agente surfactante, el 1,4-dioxano, que se estima es diez veces más carcinogénico que la misma sal de glifosato (Molina, 2007).

Los reguladores de crecimiento pueden afectar la maduración, ya sea mediante la Inhibición del crecimiento sin afectar la fotosíntesis, o actuando sobre las enzimas que catalizan la acumulación de sacarosa; la maduración es un proceso cuyo resultado es un balance entre la fotosíntesis y la respiración (Dávila, Torres & Echeverri, 1995).

Debido a que el uso de los madurantes es una práctica muy importante en el manejo de la caña de azúcar, es necesario encontrar un sustituto como madurante

que cumpla las mismas funciones y que presente resultados similares o mejores, en lo que respecta a rendimientos, que los herbicidas actualmente usados.

Según Barrios (2007), investigaciones realizadas por el Departamento de Investigación Agrícola de I.M.S.A. durante la zafra 2005-2006, han demostrado que el uso de algunos fertilizantes como madurantes no herbicidas puede cumplir la función de madurantes.

De acuerdo a Barrios (2007), en investigaciones previas el fertilizante conocido como Concentrador de Azúcar, el cual es un producto con una fórmula química de N - 0 - P -0- K -16- Mg -12- Ca -8- que ha presentado resultados similares, en lo que respecta a rendimientos de libras de azúcar por tonelada de caña, a los herbicidas utilizados como madurantes.

Entre 1991 y 1993, CENICAÑA evaluó 12 productos nuevos; siete madurantes, un desecante dos defoliantes y dos antiderivantes. Entre estos productos, Trinexapaxetil y Clethodim, selectivos para cultivos de hoja ancha, produjeron incrementos significativos en el porcentaje de caña, en comparación con el control y, en algunos casos, dieron resultados similares o ligeramente superiores a los obtenidos con Glifosato y Fluazifop-P-Butil (Villegas, 1992).

Los bioestimulantes (extractos vegetales dentro de los cuales se destacan citoquininas, glucósidos, porfirinas, morfógenos y minerales) son productos naturales inocuos al medio y al hombre, que durante los años de 1996 a 1999 se utilizó para desarrollar un grupo de experimentos en parcelas pequeñas y en extensiones para evaluar su efecto aplicado sobre el follaje de la caña de azúcar en varias localidades y suelos cañeros del país. Los resultados indicaron efectos espectaculares y sostenidos de Agrispon® (L -cisteína aminoácidos) en dosis de un litro por hectárea, sobre el rendimiento agrícola en suelos de pobre fertilidad (ferralítico cuarcítico), de Sancti Spíritus y Pinar del Río, con aumento de 13,22 t/ha, respecto al testigo, con el promedio de cinco variedades, cepas de caña planta y retoño, en un área de más de 160 ha (García, Llarena & Díaz, 2000).

También Agrispon® mostró efecto positivo sobre la población de tallos, el contenido de azúcar (cepa de retoño) y en la reducción del ataque del carbón (*Ustilago scitaminea*) en la variedad susceptible Ja60-5. En suelo fértil, arcilloso pardo con carbonatos, en experimentos en parcelas pequeñas, Agrispon también mostró incrementos significativos de la producción de caña, azúcar, peso/tallo, longitud, pureza del jugo y grados Pol (%) en caña. En este último indicador se observó un efecto interactivo entre Agrispon y el nitrógeno, donde hubo incrementos de Pol para el 50 % o menos de la dosis recomendada de nitrógeno, y un comportamiento inverso para el 75 y 100 % del nitrógeno (80 kg/ha). En suelo fértil arcilloso y de mal drenaje (Gley ferralítico) también aumentó significativamente el rendimiento agrícola, la longitud de los tallos móviles y su grosor (García, Llarena & Díaz, 2000).

### **2.1.2 Objetivos de la maduración artificial**

Los objetivos básicos de un programa de maduración química son: (1) obtener la máxima recuperación posible de azúcar; (2) estabilizar el contenido de azúcar; (3) obtener una ganancia adicional en un período de tiempo corto, sin deteriorar el cultivo; y (4) reducir la duración del período vegetativo entre cosechas (Dávila, *et al.*, 1995).

## **2.2 IMPORTANCIA DEL POTASIO EN CAÑA DE AZÚCAR**

El potasio es un elemento de importancia para la producción de caña de azúcar, ya que ayuda a la planta a tener una mejor estructura celular, participa en la asimilación de carbono, fotosíntesis, síntesis de proteínas, formación de almidón, traslocación de proteínas y azúcares, absorción de agua por la planta y desarrollo normal de raíces, aumenta la cantidad de azúcares reductores y reduce el contenido de sacarosa, por lo que la fertilización de potasio es necesaria para poder aumentar la producción cuando este elemento falta en el suelo (MAGA, 2,000).

Altas concentraciones de potasio están presentes en los tejidos meristemáticos y en las células oclusivas de las estomas. El potasio actúa como activador en el metabolismo de las proteínas y de muchas enzimas en el metabolismo de los carbohidratos.

El ion potasio es el catión principal en el citoplasma y por lo tanto mantiene el balance de las cargas aniónicas. El potasio también interviene en el control de la turgencia de células especializadas. El potasio es un nutriente móvil dentro de la planta (Anderson & Bowen, 1994).

El potasio es el tercer elemento más importante que requiere el cultivo para un mejor desarrollo, ya que ayuda a la planta a mejorar su estructura celular, asimilación de carbono, fotosíntesis, síntesis de proteínas, formación de almidón, translocación de proteínas y azúcares, absorción de agua por las plantas y el desarrollo normal de raíces (Pérez, 1994).

El potasio actúa principalmente como un activador en el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, participa en la apertura y cierre de estomas y tiene funciones de regulación osmótica (Pérez, 1994).

El potasio estimula la actividad de la invertasa, peptasa y catalasa, promueve la formación y translocación de azúcares y da resistencia a enfermedades (Pérez, 1994).

El potasio es muy importante en el metabolismo de carbohidratos, la formación de proteínas, la promoción del desarrollo de meristemas y el ajuste del movimiento de estomas. Las plantas que crecen en condiciones deficitarias de potasio no son muy eficaces en su actividad fotosintética, son más susceptibles a las enfermedades y no son tan resistentes a la sequía como aquellas que reciben suficientes cantidades de fertilizantes potásicos (Quintero & García, 1997).

Cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular. El potasio interviene en los siguientes procesos: síntesis de azúcar y almidón, transporte de azúcares, síntesis de proteínas y estimulación enzimática (Marschner, 1995).

Las plantas absorben potasio en forma catiónica ( $K^+$ ). Es un elemento muy móvil dentro de la planta e importante en la formación de aminoácidos y proteínas. Aunque no forma parte de los compuestos metabólicos, es necesario para el metabolismo de los carbohidratos, la síntesis de proteínas, el control y la regulación de las actividades de varios elementos esenciales, la neutralización de ácidos orgánicos, la activación de varias enzimas, en crecimiento de meristemas y el movimiento de las estomas. En la caña de azúcar el potasio regula las actividades de la invertasa, la peptasa y la catalasa (Tislade & Nelson, 2006).

El potasio generalmente es aplicado en el fondo del surco, inmediatamente antes de la siembra. En socas debe aplicarse en banda e incorporarlo al suelo. Las pérdidas de potasio por lixiviación se consideran mínimas debido a su naturaleza catiónica; sin embargo, en suelos muy arenosos y con alta precipitación pluvial, puede haber mayores pérdidas que justifiquen su fraccionamiento (Pérez, 1994).

El potasio está muy relacionado con la fotosíntesis, respiración, formación de clorofila, metabolismo de carbohidratos, formación de almidón y activador de enzimas para síntesis de proteínas (Ruiz, 2010).

Además de su función en la permeabilidad de las membranas celulares y transporte de azúcares y regulación de agua en las plantas. La deficiencia se manifiesta en el crecimiento lento de tallos, delgados y débiles, en el follaje hojas más viejas con coloraciones amarillas algo rojizas (Pérez, 1,994).

### 2.2.1 Extracción de elementos por la caña de azúcar

Tiene una capacidad considerable de extraer nutrientes, se podría decir que en poco tiempo podría agotar el suelo, dada esta situación se hace necesaria la aplicación de fertilizantes químicos o cualquier otra fuente de nutrientes al suelo. La absorción de elementos por la planta es variable, dependiendo prácticamente de la fase de desarrollo en la que se encuentre, aumentando conforme avanzan sus etapas fenológicas las cuales se describen en la figura 1.

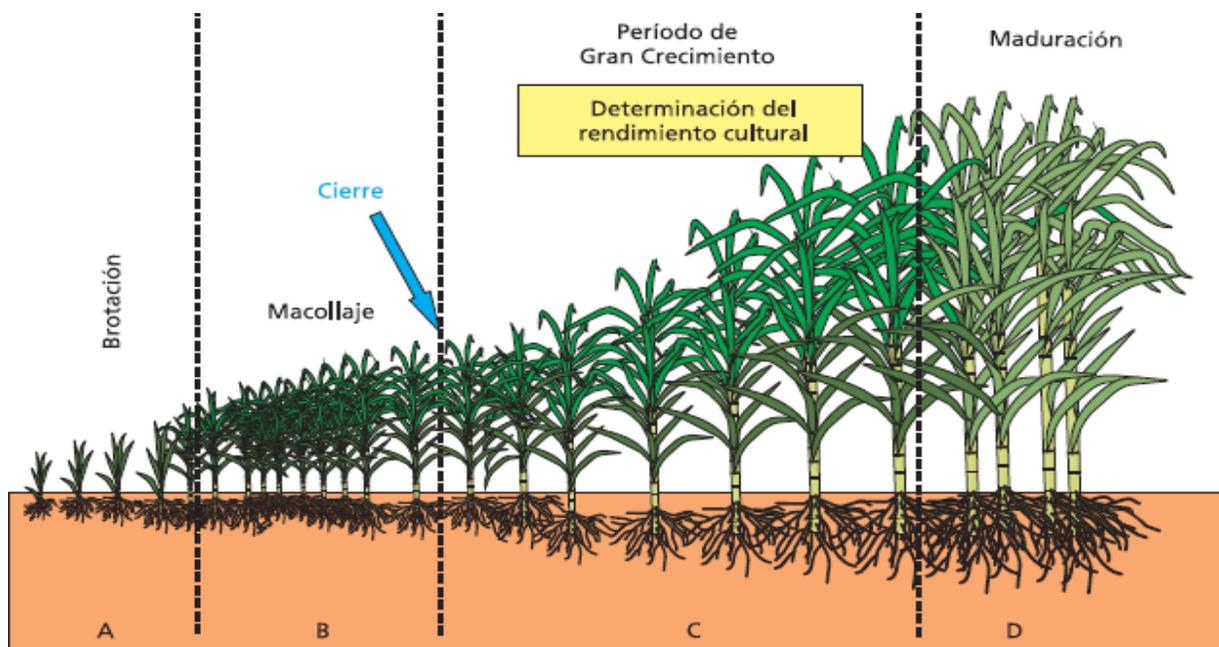


Figura 1: Fenología de la caña de azúcar. Tomada de (Avibert, 2009).

- Emergencia y establecimiento de la población inicial de tallos (brotación) – A
- Macollaje y cierre del cañal – B
- Determinación del rendimiento cultural (periodo de gran crecimiento) – C
- Maduración y definición de la producción de azúcar (Tisdale & Nelson, 2006).

La cantidad de elementos consumidos por el cultivo es variable en casi todas las literaturas, esto va a depender de lugar donde se desarrolle el cultivo y la variedad de caña de azúcar (Marschner, 1995).

### **2.2.2 Aplicación de madurantes en caña de azúcar**

Mediante el uso de madurantes químicos el caficultor puede asegurar que la cosecha alcance una buena concentración de sacarosa a pesar de que existan condiciones naturales adversas.

El madurante puede inhibir la floración en ciertas variedades de caña, esta floración que de no inhibirse puede reducir los niveles de sacarosa causando resequedad de los entrenudos superiores produciéndose el acorchamiento y la pérdida del azúcar almacenado en esta área (González, 1996).

El madurante tiende a secar las hojas de la caña, este efecto produce a menudo mejor quema, reduciéndose notablemente la basura y costos adicionales de la misma (Orsenigo, 1994).

El madurante reduce los costos de transporte, o sea, una reducción en la relación de toneladas de caña y toneladas de azúcar, ya que se transporta mayor cantidad de caña sin basura y con mayor contenido de sacarosa. Debido al incremento en sacarosa y pureza de los jugos de la caña tratada con el madurante, se puede dar un aumento en la productividad del ingenio, ya que este se beneficia moliendo caña de buena calidad (González, 1996).

Cuando las condiciones de manejo del cultivo (fertilización, riego) y las condiciones climáticas (humedad, temperatura, fotoperiodo) no permiten una adecuada concentración de azúcar, se puede incrementar aplicando productos químicos que actúan como maduradores (Buenaventura, 2006).

### **2.2.3 Definición de madurantes**

Son productos químicos, en su mayoría del grupo de los reguladores del crecimiento que, inhibiendo la elongación de los tallos sin afectar severamente la producción cultural, favorecen la acumulación de azúcar (Romero, 1997).

Agente regulador del crecimiento, que puede causar su disminución sin alterar los eventos fisiológicos que operan en el proceso normal de recepción y almacenamiento del azúcar, pudiéndose acumular más azúcar en el tallo de caña (Buenaventura, 2006).

Es un producto agroquímico que, aplicado a la planta en determinado momento del cultivo, modifica su estado fisiológico, induciéndola a acumular mayor cantidad de sacarosa (Asociación de técnicos azucareros de Latinoamérica y el Caribe, 2006).

Estos productos aceleran la madurez de la planta y prolongan el período de concentración máxima de la sacarosa del tallo. Típicamente inhiben el crecimiento del meristemo apical. Probablemente, esto permite que la energía usada ordinariamente para el crecimiento vegetativo sea utilizada para la fabricación y almacenamiento de sacarosa (Cengicaña, 2006).

Los madurantes al favorecer una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provocar un desecamiento temprano del follaje, permiten efectuar un despuntado más alto (mayor producción cultural) y disminuir el contenido de materias extrañas que llega a fábrica (menor trash), mejorando la eficiencia global de la cosecha (Romero, 1997).

### **2.3 CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

La caña de azúcar es una gramínea perenne y gigante, que se caracteriza por la capacidad de captación de energía durante la etapa de desarrollo, con la cual forma carbohidratos y los transforma en azúcares (Buenaventura, 2006).

(Buenaventura, 2006), determina que la caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y catalizado en

el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis.

La caña de azúcar es una poacea, caracterizada porque durante su desarrollo forma un sistema vegetativo subterráneo, del cual nace gran número de tallos y a los cuales en conjunto se le llama “cepa” (Flores, 1976).

Buenaventura (2006), determina que la caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis.

En CENGICAÑA (2006), describen la morfología de la caña de azúcar de la siguiente forma: El sistema radicular se presenta de dos formas, los primordios radiculares que tienen un período de vida de 30 a 40 días, y las raíces permanentes, que brotan de los tallos o macollos, que se forman a partir de los esquejes.

### **2.3.1 Origen**

Según Flores (1976), la caña de azúcar es una gramínea originaria de la India, llegó a Europa 300 años antes de Cristo, gracias a Alejandro el Grande, estableciendo su cultivo hasta el siglo VI de nuestra era.

De acuerdo con Saravia (1990), en Guatemala lo establecen los españoles dentro de los nuevos cultivos y es de esa manera que, en San Jerónimo, Baja Verapaz, se establecen los primeros trapiches donde se producía panela, posteriormente se extiende a la costa sur en donde se cultiva para la extracción de azúcar.

### 2.3.2 Clasificación taxonómica de la caña de azúcar

Según el Sistema de Información Taxonómica Integrada –ITIS 2017- (Integrated Taxonomic Information System) la clasificación taxonómica de la caña de azúcar es la siguiente:

Reino:	Plantae
Sub-reino:	Viridiplantae
Superdivisión	Embryophyta
División:	Tracheophyta
Clase:	Magnoliopsida
Superorden:	Lilianaes
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Sub-familia:	Panicoidae
Tribu:	Andropogoneae
Género:	<i>Saccharum</i>
Especie:	<i>Saccharum officinarum</i> , L.

### 2.3.3 Fenología del cultivo de la caña de azúcar

#### a) Período de germinación

La velocidad en la germinación y desarrollo de la yema se reduce a temperaturas del suelo inferiores a 18°C y cuando ésta es menor de 6°C, el desarrollo prácticamente cesa. Estas condiciones en un suelo con un alto contenido de humedad (70-80% de su capacidad de campo) favorece el deterioro de la yema por el ataque de patógenos específicos existentes en el suelo o en la propia semilla (Sánchez, 1992).

La temperatura óptima del suelo para el desarrollo de la caña se encuentra comprendida entre 18° y 32°C, siempre y cuando la capacidad de humedad de campo no sea menor de 40 al 50%. Lo anterior favorece la germinación de la yema y el establecimiento del sistema radicular permanente de la cepa o rizoma de la caña (Sánchez, 1992).

### **b) Período de crecimiento**

Dentro del ciclo vegetativo de la caña, el crecimiento representa un aumento en su masa, aun cuando éste se manifieste inicialmente en forma de un desarrollo lento o imperfecto en las zonas de temporal, por carencia de humedad en el suelo (Sánchez, 1992).

### **c) Período de desarrollo**

El término corresponde a una serie de transformaciones de tipo morfológico y fisiológico que ocurren en la planta y marcan con una solución de continuidad, la evolución que la caña sufre a partir de la germinación hasta que alcanza su maduración completa. El clima y los factores que intervienen tales como temperatura, luminosidad insolación, humedad relativa y capacidad de campo del suelo cultivado, determinan el desarrollo y producción de la cosecha: (germinación, cierre del surco, sazonado y formación de tonelaje; sazónada maduración) (Sánchez, 1992).

### **2.3.4 Requerimientos hídricos de la caña de azúcar**

El consumo de agua por parte de la caña de azúcar varía de acuerdo con la etapa de desarrollo, la humedad del suelo y las condiciones climáticas. Los requerimientos que exige el cultivo van de 1200 y 1500 mm/ha por año, bajo un rango de condiciones climáticas y longitudes variables de temporada de cultivo de 12 a 14 meses, con un promedio de evapotranspiración de 4 a 7 mm por hectárea al día (Cengicaña, 2012).

La frecuencia y la profundidad del riego deben variar entre las distintas fases de crecimiento de la caña, durante la brotación inicial, la emergencia y el establecimiento de las plántulas jóvenes, el cultivo requiere menos agua, y por eso son preferibles riegos cortos y frecuentes. El suministro de agua debe ser en cantidad suficiente para mantener el suelo húmedo y con una adecuada aireación. Si se deja secar el suelo debido a la aplicación de riegos cortos y menos frecuentes, las yemas germinativas se secarán, reduciéndose y teniendo un atraso en la germinación (Cengicaña, 2012).

### 2.3.5 Requerimientos edafo-climáticos

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 (Cengicaña, 2012).

- Estrato alto está localizado en la zona superior a los 300 msnm
- Estrato medio entre 100 y 300 msnm
- Estrato bajo entre 40 y 100 msnm
- Estrato litoral se localiza entre 0 y 40 msnm.

Cuadro 1. Características climáticas zona cañera.

Estrato	Altitud (msnm)	PP (mm/año)	T° (°C)			Radiación solar (MJ/m/día)	Velocidad media del viento (Km/h)
			Min.	Media	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	<40	1500	21.0	27.5	33.4	18.0	8.7

Fuente: (Cengicaña, 2012).

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, 2012).

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA INSTITUCIÓN ANFITRIONA

La práctica profesional se realizó en el Ingenio Magdalena, en la zona central norte, finca Los Encuentros 2, se ubica en el municipio de San Andrés Villa Seca, departamento de Retalhuleu, Se dedica a la producción de caña de Azúcar, donde realiza diversas actividades para la producción de materia prima como la fase de campo, fase industrial, y por último la fase comercial. En los últimos años el ingenio Magdalena ha venido realizando aplicaciones de madurantes con el objetivo de mejorar la productividad de azúcar.

### **III. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA**

La sistematización de práctica se realizó en ingenio Magdalena S.A. en la zona central norte, Finca Los Encuentros 2, esta se encuentra ubicada en el municipio de San Andrés Villa Seca, departamento de Retalhuleu (ver anexo 1), sector Ican, sobre las coordenadas 14°10'2.43" Latitud Norte y 91°40'3.65" Longitud Oeste a una altura de 8 metros sobre el nivel del mar.

Ecológicamente, está clasificado como zona sub-tropical seca, en la mayor parte de su área, con una temperatura media de 27°C, una máxima media de 35°C y una mínima de 20°C sin mayor variación durante todo el año. La precipitación anual es de 1860 mm distribuidos en los meses de mayo a octubre principalmente (Pinto, 2011).

La precipitación pluvial anual en la zona va desde 1200 a 1500 mm distribuidos en 134 días, siendo el mayor periodo de precipitación entre junio y septiembre. La humedad relativa anual para esta zona es de 70% y una evapotranspiración a la intemperie de 4.16 mm/día.

La serie de suelos predominantes, según Simmons, Tárano y Pinto (1959), se clasifican en Ixtán Arcillosos y en menor escala suelos de la serie Ixtán Franco-Limoso; aunque se encuentran suelos de la serie Champerico en pequeñas áreas asociadas con las anteriores.

La Topografía del lugar es en ciertas partes ondulada en otras planas con grandes extensiones dedicadas a la agricultura, cuenta con varios ríos los cuales sirven de riego para el cultivo.

Finca Los Encuentros 2 cuenta con un área total de 721 hectáreas, de las cuales 646 hectáreas son cultivables, con caña de azúcar, en dicha extensión de terreno se encuentran sembradas las siguientes variedades: CP72-2086, CP72-1312,

CP88-1508, CP88-1165, CP88-1165, estos materiales se encuentran ampliamente distribuido por toda la zona bajo el control y supervisión de la finca.

El ingenio Magdalena realiza sus actividades a través de tres procesos de operación principal: agrícola, industrial y comercialización.

### **3.1.1 Proceso agrícola**

Esta área es de mucha importancia para el ingenio ya que aquí tiene a su cargo la producción de caña de azúcar de buena calidad para lo que será la industrialización, por eso se hace necesario las aplicaciones de productos pre-madurantes para que al momento del proceso de industrialización la mayoría de materia prima sea de buena calidad tanto en tamaño como en concentración de sacarosa acumulada para evitar las pérdidas o bajas en producción.

### **3.1.2 Proceso industrial**

Este es el segundo paso en todo el proceso productivo ya que aquí se producirá el azúcar de distintas categorías y distinta calidad, esta operación está dividida en varios procesos que ayudará a la obtención del producto final que buscamos, selección de materia prima, limpieza, preparación de la materia prima, extracción del jugo, evaporación, cristalización y refinación del azúcar.

### **3.1.3 Proceso comercial**

En este proceso el producto final que es el azúcar se comercializa hasta llevar a la venta la mayoría de producción es exportada al mercado mundial, con el fin de obtener un precio y que la empresa pueda seguir siendo sostenible y competitiva.

### **3.1.4 Estructura organizacional**

El Ingenio Magdalena para llevar acabo su proceso de producción se vale de la siguiente organización:

**a) Gerente de producción**

Es el órgano que mayor jerarquía tiene en la región es el gerente de producción y quien delega directrices a los administradores para la elaboración y cumplimiento de los planes estratégicos de la temporada del cultivo.

**b) Administrador**

Es el encargado directo de la administración es quien planifica organiza y ejecuta toda directriz que se le haya propuesto, esta persona vela por el cumplimiento que se elabore y ejecute el presupuesto de la mejor manera.

**c) Jefe de zona**

Es el responsable directo de las fincas, maquinaria, equipo, personal, materiales, insumos y todas las labores de manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar, manejo de área de cultivo y otros en el área asignada. Producir más caña a un menor costo por hectárea, cumplir con los estimados de caña (toneladas por hectárea). Sobrepasar o alcanzar los rendimientos estimados de producción de caña. Cumplimiento de labores en el tiempo óptimo. Identificación de los problemas a futuro y proponer soluciones factibles a tiempo; control de la operación; costo por hectárea y costo por tonelada.

**d) Mayordomo**

Es el encargado de mejorar la producción con buenas prácticas agrícolas y llevar bien las labores varias para tener éxito. Implementación de técnica en campo. Recursos de la empresa bien aprovechados. Motivación al personal con los demás. Secuencia de labores.

**e) Supervisor**

Coordina y controla las labores que el personal realiza en el manejo de plantaciones de caña de azúcar, fertilización, riegos, control de malezas.

**f) Caporal de labores varias**

Realiza, coordina y reportar las diferentes actividades agrícolas programadas, asistencia del personal y velar porque desempeñen el trabajo, supervisar enfermedades de la caña.

**g) Operador de maquinaria**

Operar el tractor agrícola de acuerdo a la labor asignada, realizar actividades despejes de rondas, fertilización, descarne, chapea mecánica y movilización de implementos varios.

**h) Peón de labores varias**

Esta persona es la encargada de realizar las labores previstas en conjunto del supervisor para no cometer errores que nos puedan perjudicar en un futuro.

**3.1.5 Organigrama de la empresa**

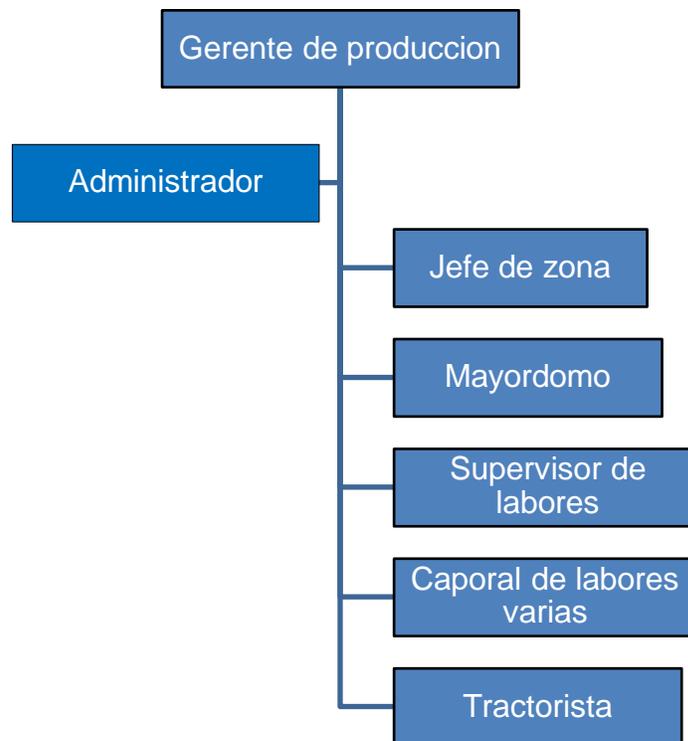


Figura 2. Organigrama de la empresa

### **3.2 NECESIDAD EMPRESARIAL Y EJE DE SISTEMATIZACIÓN**

Desde los últimos años la industria azucarera viene presentando problemas en las concentraciones de azúcar en todas las variedades sembradas. En finca Los Encuentros ocurre en las variedades intermedias o de segundo tercio, principalmente la variedad CP-72-2086, esta variedad es una de las rendidoras de azúcar por hectárea, debido a esto se hizo necesaria la implementación de un programa de aplicaciones de productos pre-madurantes a base de potasio que ayude a mejorar la concentración y la productividad de azúcar en esta variedad, ya que la formación de sacarosa en el cultivo una ventaja por la morfología de la planta, y producción de sacarosa, de igual manera evitamos dañar los cultivos aledaños a la finca por el uso de herbicidas.

La aplicación de madurantes es una labor que se realiza desde hace mucho tiempo con el fin de concentrar sacarosa, los productos que se han utilizado son de síntesis inorgánica los cuales al ser aplicados causan daños a la caña y a los cultivos vecinos, los daños se reflejan posteriores a la cosecha incrementando la labor de resiembra, de igual manera a las siembras que se encuentran a los costados de las fincas. Debido a estos problemas se busca la concentración de azúcar utilizando productos no herbicidas, por ello se buscó la concentración de azúcar mediante aplicaciones de potasio.

Los ingenios se encuentran ante una decisión difícil debido a los precios del azúcar, por ello se quiere dejar de utilizar productos madurantes herbicidas y utilizar productos que no sean residuales para abrir nuevos mercados con un mejor precio. También se busca una certificación para el área de campo por eso se hace necesario evaluar productos que no provoquen un alto impacto al ambiente.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Participar en la evaluación de aplicaciones de productos pre-madurantes en el cultivo de caña de azúcar a base de potasio en dos aplicaciones.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Participar en la toma de datos con muestreo de biometría de las aplicaciones de potasio como pre-madurante.
- Monitorear el rendimiento de toneladas por hectárea y azúcar por hectárea en el cultivo de caña bajo efecto de potasio como pre-madurante.
- Realizar muestreos de grados brix posterior a la aplicación de pre-madurantes para determinar la maduración de cosecha.

## **V. PLAN DE TRABAJO**

### **5.1 PROGRAMA DESARROLLADO**

La presente investigación se realizó mediante la aplicación de potasio como pre-madurante en el cultivo de caña de azúcar, sobre la variedad CP72-2086 la cual madura en el tercio medio. Las aplicaciones se realizaron a partir del noveno mes del cultivo, ya que en este momento se incrementa la demanda de potasio, por lo que se aplicó en dos diferentes momentos, siendo este 20 y 60 día antes de la cosecha.

#### **5.1.1 Seguimiento al desarrollo del cultivo**

Con el personal de campo se realizaron los muestreos del desarrollo del cultivo, estos se realizaron cada 15 días después de la primera aplicación. Se tomaron muestras de cada producto en cada parcela, con esta información se determinó si estos productos tuvieron algún efecto secundario en el cultivo.

#### **5.1.2 Maduración del cultivo**

Se elaboró un archivo en donde se ingresaron los datos obtenidos en campo y de la misma forma se hizo una base de datos para obtener las gráficas lineales del comportamiento de maduración del cultivo, para determinar si el producto potasio influía en la concentración de azúcar y con ello se dio a conocer los resultados de cada producto.

#### **5.1.3 Determinar la concentración de azúcar y punto de madurez**

Apoyar a realizar muestreos de biometría y grados brix para determinar la madurez de cada producto, y hacer factibles las aplicaciones de los que presenten mejores resultados en base al tipo de suelo y condiciones que se presentaron.

#### **5.1.4 Factores estudiados**

Se consideró para esta investigación como factor a estudiar la aplicación de fuentes de potasio como pre-madurantes en caña de azúcar.

## 5.2 INDICADORES DE RESULTADOS

Durante la sistematización de práctica se desarrollaron una serie de actividades, con el objetivo de participar en la evaluación de aplicación de productos pre-madurantes en el cultivo de caña de azúcar a base de potasio en dos aplicaciones, buscándose los siguientes resultados.

**5.2.1 Selección del área.** Caña soca (tercer año de corte), acceso fácil, topografía plana.

- A. Elaboración de croquis: se elaboró un croquis el área experimental.
- B. Establecimiento de unidades experimentales: las unidades experimentales se identificaron con placas rotulados en las repeticiones y unidades experimentales.
- C. Pre-muestreo previo a la aplicación de tratamientos: se cortaron muestras de tallos de 60 cm, en todas las unidades experimentales, amarrados e identificados, se trasladaron al laboratorio para determinar el rendimiento de azúcar.
- D. Equipo de aplicación: un helicóptero con capacidad de 100 galones.
- E. Calibración del helicóptero previo a las aplicaciones: confirmación del buen funcionamiento de la aeronave y las boquillas de aspersión.
- F. Orden de aplicación de los tratamientos: los tratamientos se aplicaron en el siguiente orden.

Tratamiento testigo: no recibió ninguna aplicación

### **Primera aplicación**

7 de octubre 2015

### **Segunda aplicación**

07 de diciembre de 2015

- G. Preparación de mezclas de los tratamientos: para la aplicación de potasio y su efectividad, la mezcla aplicada se realizó con un pH 4.5, luego se agregó la dosis de cada uno de los productos que evaluó.

- H. Programación de vuelos para la aspersión de los tratamientos:
  - Número de vuelos: dos por tratamiento
  - Altura de aplicación: tres metros sobre el cultivo
  - Velocidad de aplicación: 37 km/hora.
- I. Condiciones meteorológicas:
  - Velocidad del viento: 0 km/h.
  - Humedad relativa: mayor al 80%.
  - Temperatura máxima: menor a 30°C.
- J. Horario de aplicación de tratamientos: 6:30 a 8:00 de la mañana.
- K. Lavado de equipo: se realizó después de aplicar cada tratamiento.
- L. Muestreo a los 15, 30, 45, 60, 90, 105 y 120 días después de la aplicación de tratamientos: se cortaron muestras de cuatro tallos de 60 cm, en todas las unidades experimentales, amarrados e identificados, se trasladaron al laboratorio de campo para determinar el incremento de azúcar.
- M. Fecha de zafra: 10 de febrero 2016.

### **5.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Según Reyes (1978), luego de obtener todos los resultados del laboratorio y anotados los parámetros de medición del experimento, se realizó el análisis de varianza y donde se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos, se realizó prueba de Tukey al 5%, las variables que se evaluaron fueron: Concentración de grados brix, Porcentaje de jugo, pureza de jugo, kilogramos de azúcar por tonelada de caña, toneladas de caña por hectárea para cada tratamiento para la interpretación se utilizó el software para análisis de diseños experimentales agrícolas generado por Olivares de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México (1994).

#### **5.3.1 Modelo estadístico**

El modelo estadístico utilizado en la presente investigación fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

En donde:

- $Y_{ij}$  = fue la variable de respuesta a la aplicación de pre-madurantes
- $\mu$  = fue el efecto de la media general del experimento.
- $T_i$  = fue el efecto del i-ésimo tipo de pre-madurante estudiado.
- $\beta_j$  = fue el efecto del j-ésimo bloque o faja.
- $\varepsilon_{ij}$  = valor aleatorio del error experimental de cada unidad experimental.

### 5.3.2 Material experimental

El experimento se realizó en caña de azúcar, en una variedad intermedia o de segundo tercio de zafra, la variedad fue CP72-2086.

### 5.3.3 Factor a estudiar

Se consideró para esta investigación como factor a estudiar la aplicación de fuentes de potasio como pre-madurantes en caña de azúcar.

## 5.4 TRATAMIENTOS

### 5.4.1 Descripción

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos evaluados

Código de ensayo	Descripción	Dosis
T0	Testigo absoluto	0 l/ha
T1	Complexato de potasio®	2.0 l/ha
T2	Cortázar®	1.5 kg/ha
T3	K 35®	2.0 l/ha
44	Marketing®	2.0 l/ha

### 5.4.2 Unidad experimental

#### A. Parcela bruta

Ancho: 45 metros

Largo: 255.5 metros

Comprendida de 30 surcos a un distanciamiento de 1.5 metros

## B. Parcela neta

Ancho: 18 metros

Largo: 255.5 metros

Comprendida de 12 surcos a un distanciamiento de 1.5 metros

## 5.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Cuadro 3. Cronograma de actividades**

Mes/Actividad	Primera Aplicación	1er. Muestreo	2do. Muestreo	3er. Muestreo	Segunda Aplicación	4to. Muestreo	5to. Muestreo	6to. Muestreo	7to. Muestreo	Cosecha	Análisis de Resultados	Discusión de Resultados
Octubre	07/10/2015	21/10/2015										
Noviembre			04/11/2015	18/11/2015								
Diciembre					02/12/2015	16/12/2015	30/12/2015					
Enero								13/01/2016	27/01/2016			
Febrero										10/02/2016	20/02/2016	22/02/2016

### **5.5.1 Descripción de las actividades realizadas en el cronograma de actividades.**

#### **a. Primera aplicación.**

Se procedió a realizar las diferentes mezclas de productos a base de potasio y se utilizó un simulador aéreo para uniformizar de mejor calidad la aplicación.

##### **➤ . Primer muestreo.**

-Esta actividad se realizó 15 días después de la aplicación para determinar datos biométricos (la altura de la planta, números de entrenudos, diámetro, cantidad de tallos y concentración de azúcar)

##### **➤ . Segundo muestreo.**

-Esta actividad se realizó 30 días después de la aplicación para determinar datos biométricos (la altura de la planta, números de entrenudos, diámetro, cantidad de tallos y concentración de azúcar)

##### **➤ . Tercer muestreo.**

-Esta actividad se realizó 45 días después de la aplicación para determinar datos biométricos (la altura de la planta, números de entrenudos, diámetro, cantidad de tallos y concentración de azúcar).

#### **b. Segunda aplicación.**

Esta aplicación se realizó 60 días después de la primera aplicación, para poder concentrar más azúcar con productos a base de potasio.

➤ . **Cuarto muestreo.**

-Esta actividad se realizó 15 días después de la segunda aplicación para determinar datos biométricos (la altura de la planta, números de entrenudos, diámetro, cantidad de tallos y concentración de azúcar)

➤ . **Quinto muestreo.**

-Esta actividad se realizó 30 días después de la segunda aplicación para determinar datos biométricos (la altura de la planta, números de entrenudos, diámetro, cantidad de tallos y concentración de azúcar)

➤ . **Sexto muestreo.**

-Esta actividad se realizó 45 días después de la segunda aplicación para determinar datos biométricos (la altura de la planta, números de entrenudos, diámetro, cantidad de tallos y concentración de azúcar)

➤ . **Séptimo muestreo.**

-Esta actividad se realizó 60 días después de la segunda aplicación para determinar datos biométricos (la altura de la planta, números de entrenudos, diámetro, cantidad de tallos y concentración de azúcar)

**c. Cosecha.**

Esta actividad consiste en cortar las parcelas aplicadas con productos a base de potasio para poder determinar pesos y obtener datos estadísticos.

**d. análisis y resultados.**

Se procedió a solicitar la información de la producción de azúcar para determinar cuál producto es el que mejor resultado presenta en concentración de azúcar.

## **5.6 VARIABLES DE ESTUDIO**

### **a. Variables biométricas**

El muestreo de biometría se realizó a los nueve meses después del corte, para conocer el desarrollo de la planta, donde se midieron las variables de longitud de tallos, número de entrenudos y grosor del tallo. Se realizaron cinco muestreos en el surco central de la parcela (parcela neta) y de cada surco se seleccionaron cinco plantas al azar, las cuales presentaron características visibles semejantes en grado de madurez y desarrollo y para realizar la medición de estas variables se siguió el siguiente procedimiento:

- **Altura de tallos:** se midió la altura a partir de la base del tallo hasta el último entrenudo.
- **Número de tallos:** se contó el número tallos con un distanciamiento de diez metros en cada surco
- **Diámetro del tallo:** con un vernier se midió el diámetro de los entrenudos 3, 7 y 10.

### **b. Rendimiento**

#### **- Toneladas de caña por hectárea (TCH)**

Se determinó al momento de la cosecha tomando nota de los pesos de las jaulas que fueron conducidas hacia la báscula.

#### **- Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)**

Esta variable se determinó al relacionar las TM de caña/ha y el rendimiento de azúcar en kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada.

### **c. Calidad del jugo**

#### **- Porcentaje de jugo, pureza de jugo, grados brix**

Se tomaron 4 tallos al azar y se seccionaron en trozos de 30 cm los cuales se amarraron para facilitar su manejo, transporte e identificación de su procedencia, estos fueron trasladados al laboratorio de ingenio Magdalena donde se analizaron y se determinó grados brix, porcentaje de jugo, porcentaje de pureza y rendimiento en azúcar por tonelada de caña.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 6.1 VARIABLES BIOMÉTRICAS

Para determinar estas variables de cada unidad experimental, se establecieron cinco puntos de muestreo con un distanciamiento de diez metros en cada surco de forma aleatoria, del que se tomaron quince tallos representativos por tratamientos a los que se le midieron: altura, diámetro y población, los resultados del análisis de varianza se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Resumen del análisis de varianza y prueba de Tukey de las variables biométricas, altura de planta, diámetro de tallo y número de tallos en las unidades experimentales con aplicaciones de potasio como pre madurante.

Variables	Tratamientos					F	P-valor
	Complexato K	Marketing	Testigo	K-35	Cortazar		
Altura (m)	2.82 <sup>ns</sup>	2.76 <sup>ns</sup>	2.79 <sup>ns</sup>	2.82 <sup>ns</sup>	2.80 <sup>ns</sup>	1.53	0.18
Diámetro (cm)	2.273 <sup>ns</sup>	2.226 <sup>ns</sup>	2.235 <sup>ns</sup>	2.266 <sup>ns</sup>	2.240 <sup>ns</sup>	0.2	0.89
No. Tallos	1137.25 <sup>ns</sup>	1138.75 <sup>ns</sup>	1140.75 <sup>ns</sup>	1138.25 <sup>ns</sup>	1140.25 <sup>ns</sup>	0.06	0.98

(p > 0.05), ns = no significativo

#### a. Altura de planta

Los resultados obtenidos del análisis de varianza del cuadro 4, indican que para la variable altura de planta no existió diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, lo que indica que ninguna de las fuentes de potasio aplicadas a los 120 y 60 días antes de cosecha, influyó en el crecimiento del tallo en este período donde se realizaron las aplicaciones, por lo que no se realizó análisis de medias. Las alturas de planta mostraron que el tratamiento donde se aplicó Complexato de potasio y K-35 presentaron alturas medias de 2.82 m, Cortazar tuvo una altura media de 2.80 m.

### **b. Diámetro de tallo**

En el cuadro 4 se presenta el análisis de varianza, para la variable diámetro de tallo el cual muestra que no existió diferencia estadística significativa para esta variable debidas al efecto de ninguno de las fuentes de potasio aplicadas, por lo cual no fue necesario realizar pruebas de medias, confirmando que ninguno de los niveles de potasio fue suficientes para promover un mayor diámetro del tallo.

### **c. Número de tallos**

El análisis de varianza a los resultados para la variable número de tallos por parcela variaron en el rango de 1137.25 a 1140.75, dato tomado a los 10 meses después del corte. De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 4 para esta variable no se tuvo diferencia estadística significativa, por lo que no fue necesario el análisis de medias.

## **6.2 RENDIMIENTO**

Teniendo en cuenta las funciones del potasio en la planta, especialmente en los procesos de síntesis, desplazamiento y almacenamiento de azúcares, se aplicó potasio al follaje en una plantación de caña de finca Los Encuentros, de nueve meses de edad, cumpliendo durante la práctica con la necesidad empresarial de optar al uso de madurantes no herbicidas para seguir con las prácticas de maduración natural sin provocar efectos negativos para el medio ambiente y al cultivo de la caña, de la misma manera optar a la alternativa que cumpla con el mayor porcentaje de rentabilidad, los resultados obtenidos se presentan a continuación:

### **a. Toneladas de caña por hectárea (TCH)**

De acuerdo a los resultados obtenidos de campo, se tuvo que el tratamiento donde se aplicó Complexato de Potasio® fue quien tuvo el mayor rendimiento siendo este de 229.18 TM/ha, el tratamiento donde se aplicó Marketing® (Fosfito potásico), tuvo el segundo rendimiento con una producción de 217.79 TM/ha, el tratamiento donde se aplicó Cortazar® fue quien presento el menor rendimiento

con 202.61 TM/ha. Para conocer si estos rendimientos son estadísticamente diferentes se sometieron a un análisis de varianza, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el rendimiento de caña en toneladas por hectárea en la Evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	2.039063	0.509766	4.7186	0.016*
Repeticiones	3	0.464355	0.154785	1.4328	0.281 <sup>ns</sup>
Error	12	1.296387	0.108032		
Total	19	3.799805			

C.V. = 2.25%

Los resultados del análisis de varianza mostraron que existió diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna, por lo que se realizó comparación de medias a través de la prueba de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el rendimiento en toneladas de caña por hectárea en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

Tratamiento	Media	
Complexato de Potasio®	15.1545	A
Marketing®	14.7747	AB
K 35®	14.5930	AB
Testigo	14.3697	B
Cortazar®	14.2497	B

Tukey = 0.2402

Los resultados del análisis de varianza mostraron que estadísticamente el mejor tratamiento de la presente evaluación fue Complexato de Potasio® quien tuvo una media de rendimiento de 229.18 TM/ha.

En la figura 3 se presentan de forma gráfica los resultados de los tratamientos en orden de rendimiento. Los tratamientos donde se aplicó Marketing® y K 35® estadísticamente estas presentaron rendimientos similares, siendo estas fuentes de potasio las que presentaron la segunda opción.

El tratamiento testigo y Cortazar®, estadísticamente tienen los menores rendimientos por lo que si se tiene la opción de la aplicación de la fuente de potasio por medio de Cortazar®, la mejor opción es no aplicarlo debido ya que al comparar el rendimiento de éste, fue menor que el tratamiento testigo.

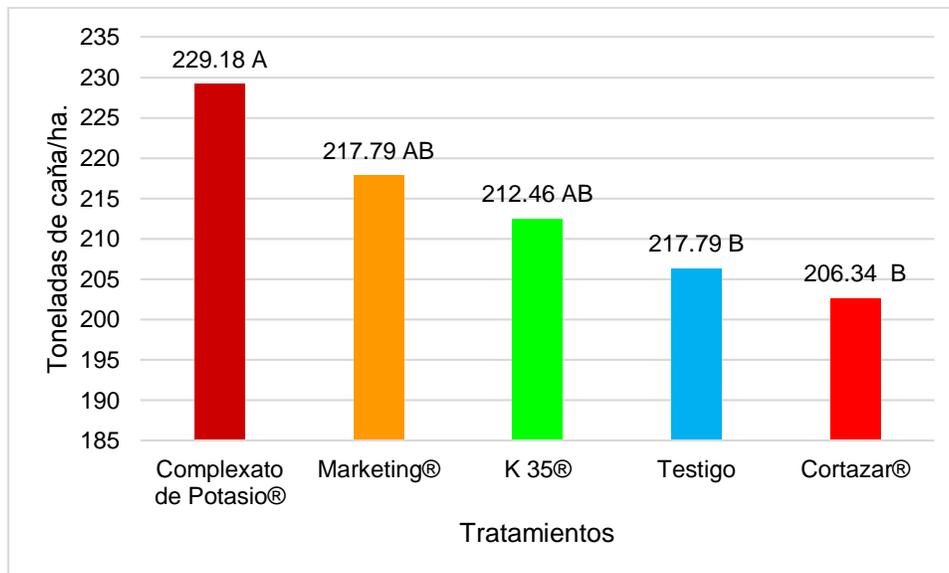


Figura 3. Prueba de medias para el rendimiento en toneladas de caña por hectárea en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

#### **b. Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)**

Varios investigadores sostienen que, si el agua y el nitrógeno son abundantes, la planta no madura, el contenido de humedad en los tallos durante el período de maduración y cosecha es importante para asegurar una óptima concentración de los azúcares. Y por tal razón existe una diferencia en que puede haber tallos con buenos pesos, pero su peso es representado en materia verde y no en azúcares. Pero cuando decrece el contenido de humedad en la planta, la deshidratación conduce a la conversión de los azúcares reductores en sacarosa y su peso en tonelaje de caña puede ser menor al que no concentro mayor azúcar (Dávila *et al.*, 1995).

Los resultados del rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea, tuvieron que el tratamiento donde se aplicó Complexato de Potasio® fue quien presentó el mayor rendimiento siendo este de 8.67 toneladas de azúcar/ha, el producto Marketing® fue el segundo rendimiento con 8.29 toneladas de azúcar/ha y el tratamiento testigo fue el tercer rendimiento con 7.55 toneladas de azúcar/ha, los

tratamientos donde se aplicó Cortazar® y K 35®, tuvieron rendimientos menores que el tratamiento testigo, para determinar si existió diferencia estadística entre tratamientos se realizó análisis de varianza, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	0.180450	0.045113	3.9751	0.028*
Repeticiones	3	0.041321	0.013774	1.2137	0.347 <sup>ns</sup>
Error	12	0.136185	0.011349		
Total	19	0.357956			

C.V. = 3.69%

La aplicación de madurante como una práctica opcional de inducción de acumulación de sacarosa, debe tornarse como obligada, ya que de otra manera la dominancia apical conducirá a mantener vegetativamente a la planta, es decir, difícilmente entrará naturalmente en el proceso de maduración, caracterizado por la acumulación de sacarosa, principalmente en el tercio superior de la planta. Ahora bien, para obtener una respuesta efectiva del madurante aplicado en esta.

Los resultados del análisis de varianza mostraron que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se realizó prueba múltiple de medias, para el presente análisis se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5%, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Prueba de Tukey para el rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

Tratamiento	Media	
Complexato de Potasio®	3.0278	A
Marketing®	2.9645	AB
Testigo	2.8325	AB
K 35®	2.8182	AB
Cortazar®	2.7792	B

Tukey = 0.2402

De acuerdo a la prueba de Tukey y a la separación de medias la mejor fuente de potasio donde se obtuvo el mayor rendimiento fue con el producto Complexato de Potasio®, el rendimiento fue de 8.67 toneladas de azúcar por hectárea. Los datos del rendimiento por tratamiento se presentan en la figura 4.

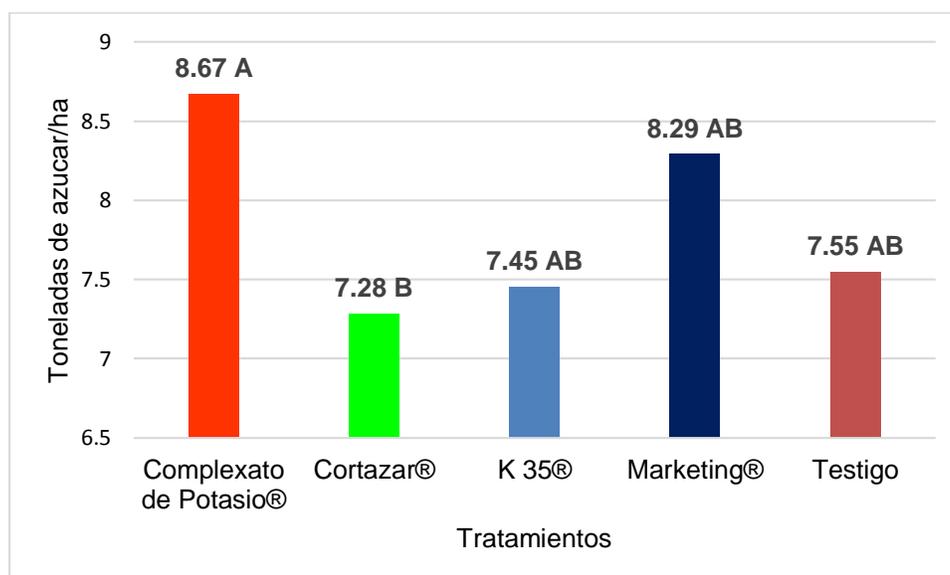


Figura 4. Prueba de medias para el rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar, letras iguales no presentan diferencia estadística entre ellas.

La figura 4, muestra el orden de las fuentes de potasio evaluadas en finca Los Encuentros, por lo que se observa que el Complexato de Potasio® fue el mejor tratamiento utilizado con un rendimiento de 8.67 toneladas de azúcar por hectárea. Los tratamientos Marketing® (8.20 toneladas de azúcar/ha), Testigo (7.55 toneladas de azúcar/ha), y K 35® (7.45 toneladas de azúcar/ha), estos tratamientos estadísticamente presentaron rendimientos similares. El tratamiento donde se aplicó Cortazar®, fue el que menor rendimiento obtuvo (7.28 toneladas de azúcar/ha) por lo que estadísticamente su producción está abajo del tratamiento testigo.

### 6.3 CALIDAD DEL JUGO

#### a. Grados brix del jugo

A nivel de laboratorio y con el auxilio de un refractómetro se determinó el porcentaje de sólidos disueltos en la solución del jugo extraído de los tallos de caña, los resultados obtenidos se sometieron a análisis de varianza, los resultados obtenidos se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 9. Análisis de varianza para grados brix para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	0.168762	0.042191	16.9979	0.000*
Repeticiones	3	0.001617	0.000539	0.2172	0.883 <sup>ns</sup>
Error	12	0.029785	0.002482		
Total	19	0.200165			

C.V. = 1.04%

El análisis de varianza mostró que existió diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se realizó separación de medias utilizando la prueba de Tukey los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Prueba de Tukey para grados brix, para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

Tratamiento	Media
Complexato de Potasio®	4.8746 A
Marketing®	4.8202 A
K 35®	4.8008 A
Testigo	4.7795 A
Cortazar®	4.6032 B

Tukey = 0.1123. Valores con la misma letra, indican que los tratamientos son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ).

La prueba de Tukey forma dos grupos estadísticamente diferentes, donde se tuvo que los productos: Complexato de Potasio®, Marketing®, K 35® y el Testigo permitieron tener la mayor concentración de grados brix en porcentaje de sólidos disueltos en la solución del jugo. Cortazar®, fue el tratamiento que tuvo la menor concentración de grados brix en la solución del jugo.

#### **b. Polarización del jugo (% sacarosa)**

Para determinar el porcentaje de sacarosa del jugo se utilizó un polarímetro y con él se determinaron los grados Pol, con estos valores se conoció el porcentaje de sacarosa del contenido real de azúcar de caña presente en el jugo.

Las muestras tomadas en el campo fueron trasladadas al laboratorio donde se obtuvo el jugo producto del desfibrado y extracción con prensa hidráulica de la caña procedente de cada unidad experimental, se determinó el porcentaje de los

sólidos disueltos poliméricos, existentes en la solución del jugo y medidos con el polarímetro, el análisis de varianza realizado a los resultados obtenidos se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 11. Análisis de varianza para grados Pol para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	0.101044	0.025261	3.5475	0.039*
Repeticiones	3	0.027344	0.009115	1.2800	0.326 <sup>ns</sup>
Error	12	0.085449	0.007121		
Total	19	0.213837			

C.V. = 1.88%

El análisis de varianza para el porcentaje de sacarosa del jugo mostró que se tuvo diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se realizó análisis múltiple de medias a través de la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5%, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 12. Prueba de Tukey para grados Pol, para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

Tratamiento	Media
Complexato de Potasio®	4.5434 A
Testigo	4.5108 AB
K 35®	4.5058 AB
Marketing®	4.4953 AB
Cortazar®	4.3408 B

Tukey = 0.1903 valores con la misma letra, indican que los tratamientos son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ).

La separación de medias forma tres grupos estadísticamente diferentes, el tratamiento donde se aplicó Complexato de Potasio® como fuente de potasio presentó 20.15 grados Pol, siendo este el mayor porcentaje de sacarosa. Los tratamientos: testigo, K 35® y Marketing®, estadísticamente tienen porcentajes similares de sacarosa.

El tratamiento donde se aplicó Cortazar®, presentó el porcentaje más bajo de sacarosa, estando este valor abajo del testigo.

### c. Pureza de jugo (%)

El porcentaje de pureza del jugo se manifiesta como la relación existente entre el porcentaje de solutos presentes en el jugo de caña de azúcar y la proporción de cristales de sacarosa en ese jugo. Por lo que a cada uno de los tratamientos se procedió a realizarle esta determinación. El tratamiento cuya fuente de potasio fue Complexato de Potasio®, fue quien tuvo una concentración de 90.05% siendo esta la mayor concentración de jugo, Marketing® con 88.85% fue el segundo tratamiento con mayor concentración.

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza para determinar si existió significancia, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el porcentaje de pureza del jugo para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	0.150269	0.037567	1.6902	0.216 <sup>ns</sup>
Repeticiones	3	0.030884	0.010295	0.4632	0.716 <sup>ns</sup>
Error	12	0.266724	0.022227		
Total	19	0.447876			

C.V. = 1.59%

El análisis de varianza mostro que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos, mostrando todas purezas de jugo similar entre tratamientos, por lo que no se realizó comparación de medias.

#### **d. Porcentaje de jugo**

La determinación del porcentaje de jugo de cada uno de los tratamientos mostró que la fuente de potasio Cortazar® tuvo un 69.45% de jugo, siendo este el mayor porcentaje, Marketing® tuvo un 68% de jugo, siendo este el segundo tratamiento en orden de importancia y el Complexato de Potasio® con un 67.97% de jugo fue la tercera opción.

A los resultados que se obtuvieron a nivel de laboratorio para cada uno de los porcentajes de jugo, se sometieron a un análisis de varianza para conocer si existió diferencia estadística, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el porcentaje de jugo para cada uno de los tratamientos en la evaluación de fuentes de potasio como pre-madurante en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	0.065063	0.016266	0.9798	0.544 <sup>ns</sup>
Repeticiones	3	0.016113	0.005371	0.3235	0.810 <sup>ns</sup>
Error	12	0.199219	0.016602		
Total	19	0.280396			

C.V. = 1.56%

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de jugo mostraron que no se tuvo diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que la pureza del jugo fue similar entre todos los tratamientos evaluados, por lo que no se realizó comparación de medias por no existir significancia.

## VII. CONCLUSIONES

- Las variables biométricas, altura de planta, diámetro de tallo y número de tallos, no mostraron diferencia estadística significativa, por lo que ninguna de las fuentes de potasio aplicadas influyo sobre estas variables biométricas.
- Los resultados del análisis de varianza mostraron que estadísticamente el mejor tratamiento de la presente evaluación fue Complexato de Potasio® quien tuvo una media de rendimiento de 229.18 TM/ha.
- El mayor rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea, fue de 8.67 y se obtuvo con la aplicación de Complexato de Potasio®. El tratamiento Marketing® fue el segundo rendimiento con 8.29 toneladas de azúcar/ha.
- Los productos, Complexato de Potasio®, Marketing®, K 35® y el Testigo permitieron tener la mayor concentración de grados Brix en porcentaje de sólidos disueltos en la solución del jugo.
- El mayor porcentaje de sacarosa se obtuvo aplicando Complexato de Potasio® el cual fue de 20.15 grados Pol. Los tratamientos testigo, K 35® y Marketing® estadísticamente permiten obtener porcentajes similares de sacarosa.
- De acuerdo al análisis estadístico, para pureza y porcentaje de jugo no existió diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se determinó que estas fuentes de potasio permiten que las plantaciones de caña tratados con estos productos presentaran pureza y porcentajes de jugo similares.

## VIII. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda la aplicación de Complexato de Potasio®, como fuente de potasio y pre-madurante, para las condiciones de finca Los Encuentros, ya que este tratamiento permitió obtener 8.67 toneladas de azúcar por hectárea, siendo este el mayor rendimiento, debiéndose aplicar 120 y 60 días antes de cosecha a una dosis de 2.0 l/ha.
- Como segunda opción en el uso de pre-madurantes se recomienda la aplicación del producto Marketing®, 120 y 60 días antes de cosecha, en dosis de 2.0 l/ha, ya que fue el segundo tratamiento con un rendimiento de 8.29 toneladas de azúcar/ha, superando al tratamiento testigo quien fue el tercer rendimiento con 7.55 toneladas de azúcar/ha.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Almeida, J. (2003). Eficiencia agronómica de metsulfuron-metyl como madurador, en caña de azúcar. Sur de Brasil. <https://www.mercosur.com>
- Anderson, L. Bowen, E. (1994). Nutrición de la caña de azúcar. Trad. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), Ecuador. <https://es.scribd.com/doc/.../Manual-Internacional-de-Fertilidad-de-Suelos>.
- Asociación Naturland. (2000). Agricultura Orgánica en el Trópico y cultivos Caña de Azúcar Subtrópico. Guías técnicas, cultivo de Caña de azúcar.
- Asociación de técnicos azucareros de Latinoamérica y el Caribe. (2006). Los Madurantes y su influencia en el rendimiento en caña de azúcar: Definición de Madurante. Guayaquil, Ecuador. Consultado 17 agosto de 2016. [http://www.aeta.org.ec/investigacion/documents/madurantes/MADURANTE\\_SVALDEZ/2.htm](http://www.aeta.org.ec/investigacion/documents/madurantes/MADURANTE_SVALDEZ/2.htm)
- Avibert. (2009) Fenología de la caña de azúcar. [avibert.blogspot.com/2012/10/riego-de-la-cana-de-azucar-tecnologia.html](http://avibert.blogspot.com/2012/10/riego-de-la-cana-de-azucar-tecnologia.html)
- Barrios, F. (2007). Uso de madurantes en el cultivo de la caña de azúcar. En Ingenio Magdalena S.A. Escuintla, Guatemala.
- Buenaventura, C. (2006). Maduración química de La Caña de Azúcar: Madurador Químico. (En línea). Guayaquil, EC. Consultado 17 julio 2016. Disponible en [http://www.aeta.org.ec/investigacion/documents/madurantes/MADURANTE\\_SCINCAE/4.htm](http://www.aeta.org.ec/investigacion/documents/madurantes/MADURANTE_SCINCAE/4.htm).

Cengicaña. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). (2006). Aplicación de Madurantes en Caña de Azúcar. (en línea). Escuintla, GT. Consultado 17 agosto de 2016. Disponible en <http://www.cengicana.org/Portal/Home.aspx?tabid=77>

Dávila, A; Torres, B; & Echeverri, C. (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali: Centro de investigación de caña, Cali, Colombia.

Flores (1976), la caña de azúcar es una gramínea originaria de la India, llegó a Europa 300 años antes de Cristo, gracias a Alejandro el Grande, estableciendo su cultivo hasta el siglo VI de nuestra era.

González, N. (1996). Efecto del glifosato, fluazifop-butil, azufre y sulfato de potasio en la calidad y rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Tiquisate, Escuintla. Guatemala: Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

MAGA. (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, GT). (2000). Primera aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000. En línea, consultado el 13 de febrero de 2014. Disponible en [http://www.sigmaga.com.gt/pdfs\\_sigmaga/001-%20DOC%20MAPA%20CLASIF%20TAXONOMICA%20MEMORIA%20TECNICA.pdf](http://www.sigmaga.com.gt/pdfs_sigmaga/001-%20DOC%20MAPA%20CLASIF%20TAXONOMICA%20MEMORIA%20TECNICA.pdf).

Marschner, (1995). El potasio interviene en los siguientes procesos: síntesis de azúcar y almidón, transporte de azúcares, síntesis de proteínas y estimulación enzimática.

- Marschner. (1995). La cantidad de elementos consumidos por el cultivo es variable en casi todas las literaturas, esto va a depender de lugar donde se desarrolle el cultivo y la variedad de caña de azúcar.
- Molina. A. (2007). Informe sobre la semilla de destrucción, realizado en Argentina. 4 ago. 2016 - Bromatological assessment seed maqui <https://books.google.com.gt/books?id=2dBc4aaogXIC>.
- Olivares, S. E. (1994). Paquete estadístico de diseños experimentales versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Orsenigo, J. (1994). Evaluación y comportamiento de los madurantes usados en caña de Azúcar en los Envergadles de Florida. Seminario Interamericano de la caña de Azúcar. Miami, Florida, USA.
- Pérez O. (1994). Fertilización de la caña de azúcar. (Resumen preparado en curso dictado a instructores de INTECAP y asistentes de CENGICAÑA) Guatemala. CENGICAÑA.
- Pinto G, J. S. (2011). Diseño del sistema de riego por miniaspersión para caña de azúcar (*Saccharum* spp.), diagnóstico y servicios en la finca San Nicolás, del Ingenio Magdalena, en el Parcelamiento La Máquina, Cuyotenango, Guatemala, C.A. Tesis Ingeniero Agrónomo, FAUSAC, Guatemala, C. A.
- Quintero D. y García J. (1997). Respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) variedad CP 722086 (soca) a las aplicaciones de N y K en tres suelos del valle del río Cauca. IV Congreso Colombiano de las Asociación de Técnicos de la caña de azúcar, Cali, Colombia.

Reyes, P. (1978). Diseño de experimentos aplicados. Editorial trillas, México, tercera Edición, ISBN 968-24-3391-6.

Romero, M. (1997). Maduración química de la caña de azúcar. ¿Qué es un madurante, Julio 2009. In book: Manual del Cañero Consultado el 27 de marzo de 2017. Disponible en: [http://www.agronegocios.com.py/rural/agricultura/azucar\\_maduracionquimica.ht](http://www.agronegocios.com.py/rural/agricultura/azucar_maduracionquimica.ht).

Ruiz, (2010). El potasio está muy relacionado con la fotosíntesis, respiración, formación de clorofila, metabolismo de carbohidratos, formación de almidón y activador de enzimas para síntesis de proteínas.

Sánchez, (1992). La temperatura óptima del suelo para el desarrollo de la caña se encuentra comprendida entre 18° y 32°C, siempre y cuando la capacidad de humedad de campo no sea menor de 40 al 50%, favorece la germinación.

Saravia (1990), en Guatemala lo establecen los españoles dentro de los nuevos cultivos y es de esa manera que, en San Jerónimo, Baja Verapaz, se establecen los primeros trapiches donde se producía panela, posteriormente se extiende a la costa sur en donde se cultiva para la extracción de azúcar.

Sistema de Información Taxonómica Integrada –ITIS 2017- (Integrated Taxonomic Information System) la clasificación taxonómica de la caña de azúcar.

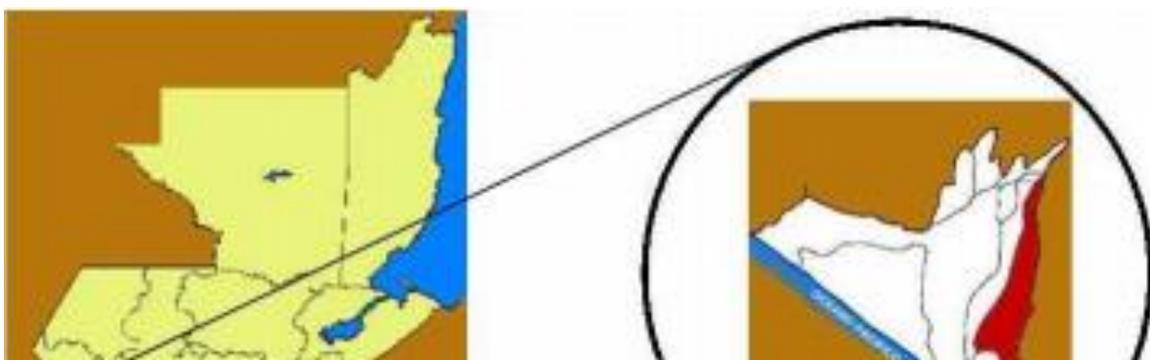
Sánchez, (1992). En un suelo en condiciones con un alto contenido de humedad (70-80% de su capacidad de campo) favorece el deterioro de la yema.

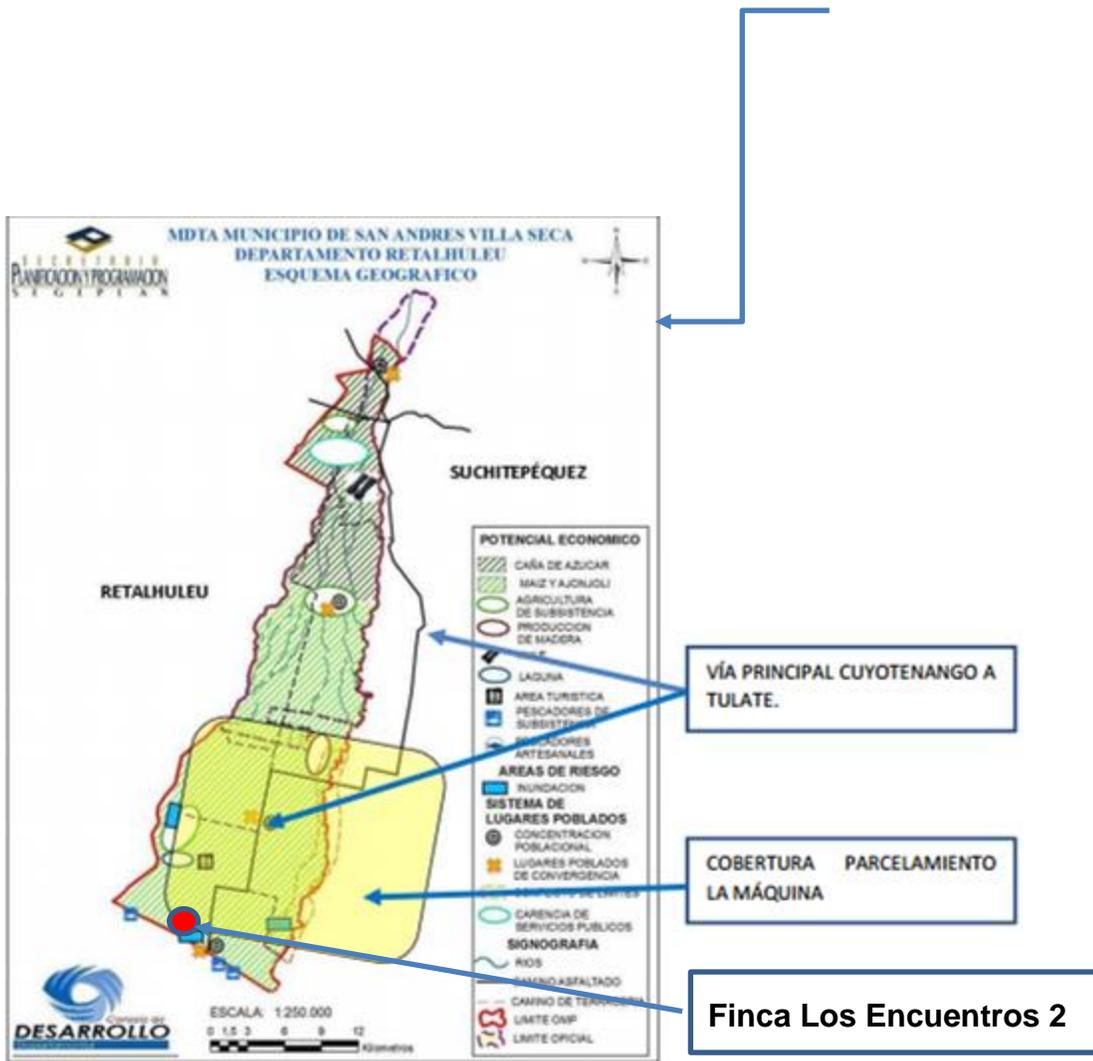
Subirós, F. (2000). Cultivo de la caña de azúcar. 1ª edición, editorial Universidad Estatal a Distancia. Vol. 1. San José, Costa Rica. Disponible en: <http://books.google.com.gt/books?id=2wpC1j2AmkAC&pg=PA31&lpg=PA31&dq=>

%28hoja+TVD,Top+Visible+Dewlap%29,&source=bl&ots=B\_tUKJipCO&sig=3eCG  
VP6b4M\_wxvKu7fnEbsgZbU&hl=es-  
419&sa=X&ei=pCwiU6zSIlm4kQfjz4CACw&ved=0CDsQ6AEwAg#v=onepage&q=  
%28hoja%20TVD%2CTop%20Visible%20Dewlap%29%2C&f=false

Tisdale, L. & Nelson, W. (2006). Soilfertility and fertilizer. Segunda edición.  
MacMillan; Nueva York. Estados Unidos May have different ISBN from US  
edition but contents are same as us edition.  
<https://www.amazon.com/Fertility-Fertilizers-Tisdale>.

## X. ANEXOS





Anexo 1. Ubicación del centro de prácticas en el municipio de San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

Anexo 2. Ubicación de los tratamientos en el campo.

Repetición 1

T0	T2	T4	T1	T3
----	----	----	----	----

Repetición 2	T3	T0	T2	T4	T1
Repetición 3	T4	T3	T0	T1	T2
Repetición 4	T1	T3	T2	T0	T4

Anexo 3. Toneladas de caña de azúcar por hectárea

TONELADAS DE CAÑA POR HECTAREA					
	I	II	III	IV	Media
T1	225.55	229.49	236.61	225.08	229.18
T2	198.85	197.80	199.12	214.68	202.61
T3	210.29	214.77	213.43	211.34	212.46
T4	218.34	217.91	216.23	218.68	217.79
T0	181.24	221.80	200.42	221.89	206.34

Anexo 4. Toneladas de caña/ha (datos Transformados  $\sqrt{\%+0.5}$ )

Tratamiento	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	15.0349	15.1655	15.3983	15.0192	15.1545
T2	14.1192	14.0818	14.1287	14.6691	14.2496
T3	14.5188	14.6721	14.6263	14.5548	14.5929
T4	14.7934	14.7787	14.7219	14.8049	14.7747
T5	13.4812	14.9099	14.1748	14.9127	14.3696

Anexo 5. Toneladas de azúcar/ha

	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	8.66650	8.69911	9.01848	8.29255	8.66916
T2	7.53229	7.07083	6.90998	7.62362	7.28418
T3	7.50906	7.22003	6.75528	8.32555	7.45248
T4	8.01216	8.06846	8.68978	8.39058	8.29025
T0	7.62044	8.21265	6.06399	8.29985	7.54923

Anexo 6. Toneladas de azúcar/ha (Datos transformados  $\sqrt{\%+0.5}$ ).

Tratamiento	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	3.0276	3.0333	3.0850	2.9652	3.0277
T2	2.8330	2.7115	2.7221	2.8502	2.7792
T3	2.8300	2.7785	2.6936	2.9708	2.8182
T4	2.9176	2.9272	3.0315	2.9817	2.9644
T5	2.8496	2.9517	2.5620	2.9664	2.8324

Anexo 7. Grados Brix del jugo

Tratamiento	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	23.45	23.03	23.63	22.94	23.26
T2	20.49	20.51	21.19	20.57	20.69
T3	23.02	22.84	21.96	22.38	22.55
T4	23.28	22.13	22.29	23.25	22.74
T0	21.92	22.59	22.16	22.71	22.35

Anexo 8. Grados brix del jugo (Datos transformados  $\sqrt{\%+0.5}$ ).

Tratamiento	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	4.8939	4.8508	4.9122	4.8415	4.8745
T2	4.5815	4.5837	4.6573	4.5902	4.6031
T3	4.8497	4.8311	4.7392	4.7833	4.8008
T4	4.8765	4.7571	4.7739	4.8734	4.8202
T5	4.7350	4.8052	4.7603	4.8177	4.7795

Anexo 9. Porcentaje de Sacarosa (Polarización del jugo)

Tratamientos	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	19.55	19.63	21.51	19.91	20.15
T2	18.40	17.93	18.02	19.03	18.35
T3	19.34	20.41	18.6	20.9	19.81
T4	20.18	19.39	19.11	20.16	19.71
T0	18.89	20.31	19.6	20.61	19.85

Anexo 10. Grados Pol del jugo (Datos transformados  $\sqrt{\%+0.5}$ ).

Tratamiento	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	4.4777	4.4866	4.6915	4.5177	4.5433
T2	4.3474	4.2930	4.3035	4.4193	4.3407
T3	4.4542	4.5727	4.3704	4.6260	4.5058
T4	4.5475	4.4598	4.4283	4.5453	4.4952
T5	4.4034	4.5618	4.4833	4.5946	4.5107

Anexo 11. Pureza de jugo

Repeticiones					
Tratamientos	I	II	III	IV	Media
T1	88.51	92.39182	91.02835	88.26916	90.05
T2	89.80	87.42077	81.20775	88.22439	86.66
T3	86.01	88.16586	87.55274	93.38695	88.78
T4	87.68	88.15391	89.25579	90.30337	88.85
T0	86.52	89.90704	88.44765	89.75297	88.66

Anexo 12. Pureza de jugo (Datos transformados  $\sqrt{\%+0.5}$ ).

Repeticiones					
Tratamiento	I	II	III	IV	Media
T1	9.4345	9.6380	9.5670	9.4217	9.5153
T2	9.5026	9.3766	9.0392	9.4194	9.3344
T3	9.3013	9.4163	9.3836	9.0000	9.2752
T4	9.3906	9.4156	9.4740	9.5291	9.4523
T5	9.3282	9.5083	9.4312	9.5002	9.4419

Anexo 13 Porcentaje de jugo

Repeticiones					
	I	II	III	IV	Media
T1	66.72	68.24	69.62	67.3	67.97
T2	68.40	69.82	68.18	71.4	69.45
T3	68.82	66.6	71.08	64	67.63
T4	68.48	67.64	68.58	67.28	68.00
T0	64.12	69.12	64.72	68.14	66.53

Anexo 14. Porcentaje de jugo (Datos transformados  $\sqrt{\%+0.5}$ ).

---

Tratamiento	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	8.1988	8.2910	8.3738	8.2350	8.2746
T2	8.3006	8.3857	8.2873	8.4794	8.3632
T3	8.3259	8.1915	8.4605	8.0312	8.2522
T4	8.3054	8.2547	8.3114	8.2329	8.2761
T5	8.0387	8.3439	8.0759	8.2849	8.1858

---