

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE  
CARRERA DE AGRONOMIA TROPICAL  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**



**APLICACIÓN DE CINCO DOSIS DE POTASIO EN CAÑA DE  
AZUCAR (*Saccharum officinarum*) var. CP-722086 CICLO  
PLANTIA EN SUELO ALFISOL SANTO DOMINGO SUCH.**

**GERSSON BENJAMIN MARCIAL MORALES  
CARNE: 200640847**

**MAZATENANGO SUCHITEPÉQUEZ NOVIEMBRE DE 2014**

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE  
CARRERA DE AGRONOMIA TROPICAL  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**



**APLICACIÓN DE CINCO DOSIS DE POTASIO EN CAÑA DE  
AZUCAR (*Saccharum officinarum*) var. CP-722086 CICLO  
PLANTIA EN SUELO ALFISOL SANTO DOMINGO SUCH.**

**Trabajo de graduación presentado al Honorable Consejo Directivo del Centro  
Universitario de Suroccidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Previo a conferirse el título de  
INGENIERO AGRONOMO  
en el grado académico de Licenciado**

**GERSSON BENJAMIN MARCIAL MORALES  
CARNE: 200640847**

**MAZATENANGO SUCHITEPÉQUEZ NOVIEMBRE DE 2014**

**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Suroccidente**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

Rector

Dr. Carlos Enrique Camey Rodas

Secretario General

**Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente**

Dra. Alba Ruth Maldonado de León

Presidenta

**Representantes de Profesores**

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril

Secretario

**Representante Graduado del CUNSUROC**

Lic. Ángel Estuardo López Mejía

Vocal

**Representantes Estudiantiles**

Br. Cristian Ernesto Castillo Sandoval

Vocal

PEM. Carlos Enrique Jalel de los Santos

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

### **Coordinador Académico**

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

### **Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas**

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

### **Coordinador Área Social Humanista**

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

### **Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social**

Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

### **Coordinador Carreras de Licenciatura en Pedagogía**

MSc. Nery Edgar Saquimux Canastuj

### **Coordinadora Carrera Ingeniería en Alimentos**

Dr. Marco Antonio del Cid Flores

### **Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical**

MSc. Erick Alexander España Miranda

### **Encargada Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario**

Licda. Tania María Cabrera Ovalle

### **Encargado Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local**

MSc. Celso González Morales

## **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC**

### **Encargado de las carreras de Pedagogía**

Lic. Manuel Antonio Gamboa Gutiérrez

### **Encargada Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación**

MSc. Paola Marisol Rabanales

Mazatenango, 24 de Octubre de 2014

Doctora

Alba Ruth Maldonado de León

Directora Centro Universitario del Sur Occidente

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias

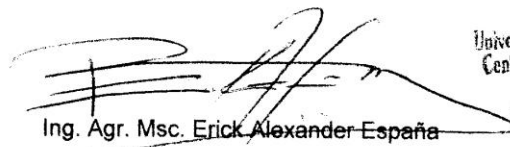
La presente es para informarle que he revisado el informe final de Investigación Inferencial, elaborado por el estudiante, Técnico en Producción Agrícola: Gersson Benjamín Marcial Morales, carné 200640847; titulado **"Aplicación de cinco dosis de potasio en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) var. Cp-722086 ciclo plantía en suelo Alfisol Santo Domingo Suchitepéquez"**.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Gersson Benjamín Marcial Morales, ha cumplido con el normativo del trabajo de graduación, razón por la cual someto a consideración el documento para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

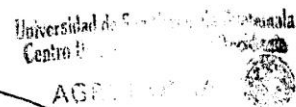
Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Msc. Erick Alexander España

Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical



## INDICE GENERAL

Contenido	Página
INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCION	01
II. REVISION DE LITERATURA	03
<b>1. Marco Conceptual.....</b>	<b>03</b>
1.1 Origen de la caña de azúcar y su distribución.	03
1.2 La caña de azúcar.	03
1.3 Clasificación botánica.	03
1.4 Descripción taxonómica.	04
1.5 Descripción morfológica de la caña de azúcar ( <i>S. Officinarum</i> )	04
1.6 Importancia del cultivo.	05
1.7 Requerimientos edáficos del cultivo.	05
1.8 Requerimientos nutricionales.	05
1.9 Requerimientos climáticos.	06
<b>2. Marco Referencial.....</b>	<b>06</b>
2.1 Origen del Potasio en el suelo.	06
2.2 Formas del Potasio en el suelo.	09
2.2.1 Potasio no disponible.	09
2.2.2 Potasio disponible en forma lenta.	09
2.2.3 Potasio disponible en el suelo.	09
2.2.4 Potasio en la solución del suelo.	09
2.2.5 El potasio intercambiable.	10
2.2.6 El potasio de reserva.	10
2.3 Dinámica de potasio en el suelo .	10
2.4 Factores que afectan el equilibrio del K en el suelo y el tipo de coloide.	11
2.5 Importancia del potasio en el suelo.	11
2.6 El papel del potasio en el crecimiento de la caña de azúcar.	12
2.7 El papel del potasio en la traslocación de azucares.	13
2.8 El papel del potasio en la eficiencia del uso del agua por la planta	13
2.9 Dinámica de los nutrientes en un cañaveral	14
2.10 Síntomas de deficiencia de potasio en la caña de azúcar	14
2.11 El análisis de suelo y de planta como guía de la necesidad de potasio.	15
2.12 Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar	15
2.13 ¿Por qué debemos fertilizar? ¿Con que nutrientes?	16

2.14	La fertilización con potasio en caña de azúcar	16
2.15	Suelos del orden Alfisol	17
2.15.1	Suborden Udalf	18
2.15.1.1	Grande grupo paleudalf	18
2.15.1.2	Grande grupo tropudalf	18
2.15.2	Origen	19
2.15.3	Propiedades mineralógicas	19
2.15.4	Propiedades físicas	19
2.15.5	Propiedades nutricionales	20
2.15.6	Manejo	20
2.16	Efecto del potasio en caña de azúcar	21
2.17	Características de las variedades de caña a sembrar	22
2.18	Cloruro de potasio (00-00-60)	22
2.18.1	Efecto del potasio sobre el pH del suelo	22
2.18.2	Características físicas y químicas	23
2.18.3	Comportamiento del potasio en el Suelo	23
2.18.4	Usos y recomendaciones	24
2.18.5	Compatibilidad y estabilidad en almacenamiento	24
III.	OBJETIVOS	25
	General	25
	Específicos	25
IV.	HIPOTESIS	26
V.	MATERIALES Y METODOS	27
1.	Lugar de realización del estudio	27
1.1	Localización	27
1.2	Clima	27
1.3	Suelo	27
2.	Material Experimental	28
2.1	Semilla	28
2.1.1	Descripción de la variedad CP-722086	28
2.2	Fertilizante	28
3.	Análisis Estadísticos	29
3.1	Diseño experimental	29
3.2	Unidad experimental y aleatorización	29
3.3	Análisis de varianza de variables experimentales	30
3.4	Comparación múltiple de medias	31
4.	Manejo Agronómico del Experimento	32
4.1	Preparación del suelo	32
4.1.1	Rome Plow	32
4.1.2	Subsuelo	32
4.1.3	Rastra	32
4.1.4	Surqueo	32
4.2	Muestreo de suelo	32
4.3	Trazo	33
4.4	Siembra	33
4.4.1	Estaquillado	33
4.4.2	Corte de Semilla	34
4.4.3	Carga y descarga de la semilla	34
4.4.4	Muestreo de calidad de semilla	34
4.4.5	Siembra	35

		:
	4.5 Control de malezas	35
	4.6 Control de plagas	36
	4.7 Riego	37
	4.8 Fertilización	37
	4.8.1 Fertilización al momento de la siembra (al voleo)	38
	4.8.2 Fertilización a los 45 días dds (Mecanizada)	38
	4.8.3 Fertilización a los 170 días dds (Aérea)	38
	4.9 Muestreo Foliar	39
	4.10 Aplicación de madurante	39
	4.10 Cosecha	40
	5. Variables evaluadas	40
	6. Toma de datos	40
VI.	Resultados y Discusión	42
	8.1 Determinación de la dosis de potasio que produzca mayor rendimiento en toneladas de caña por hectárea	42
	8.2 Determinación de la dosis de potasio que produzca mayor rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea	43
	8.3 Determinación del efecto del potasio sobre la dinámica de población de tallos en el cultivo de caña de azúcar	45
	8.4 Determinación del efecto del potasio sobre los componentes primarios del rendimiento en el cultivo de caña de azúcar	47
	8.4.1 Diámetro	47
	8.4.2 Altura	48
	8.4.3 Entrenudos	49
	8.5 Determinación de grados brix, pureza y porcentaje de jugo de los tratamientos evaluados	50
	8.5.1 Grados brix de jugo de caña de los tratamientos evaluados	50
	8.5.2 Pureza del jugo de la caña de azúcar de los tratamientos evaluados	51
	8.6 Determinación de los nutrientes absorbidos durante el desarrollo fisiológico de las plantas de caña de azúcar de cada tratamiento evaluado	52
	8.7 Análisis Económico	53
VII.	Conclusiones	54
VIII.	Recomendaciones	55
IX.	Bibliografía	56
X.	Anexos	59

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
01 Recomendación de nutrientes en caña de azúcar.	14
02 Niveles adecuados y niveles críticos de potasio en plantas de la caña de azúcar según diferentes fuentes y países.	17
03 Suborden y características principales de los suelos Alfisol.	18
04 Dosis de K (kg de K <sub>2</sub> O/ha) según categorías de K del suelo y textura.	21
05 Dosis de potasio evaluados por cada tratamiento y unidad experimental.	29
06 Resultados del Muestreo de suelo de dos horizontes.	33
07 Resultado del muestreo de calidad de semilla para la variedad CP-722086 y las variables a tomar en cuenta.	34
08 Mezcla uno preemergencia para control de malezas.	36
09 Costos de aplicación de primera mezcla en preemergencia.	36
10 Rendimiento en toneladas de caña por hectárea de acuerdo a los tratamientos evaluados.	42
11 Andeva realizado para la variable rendimiento en toneladas de caña/ha. (5% de significancia)	43
12 Resultados obtenidos sobre la variable toneladas de azúcar/ha. de los tratamientos evaluados.	43
13 Andeva realizado para la variable rendimiento toneladas de azúcar/ha. (5% de significancia).	44
14 Resultados obtenidos del porcentaje de germinación de cada tratamiento evaluado	45
15 Andeva de los resultados obtenidos de dos muestreos de población de tallos.	46
16 Andeva de los resultados de dos muestreos de diámetro de cada tratamiento.	47
17 Andeva de los resultados de altura de dos muestreos de cada tratamiento.	48
18 Andeva de los resultados de dos muestreos de entrenudos de cada tratamiento.	49
19 Resultados de grados brix de los tratamientos evaluados.	50
20 Resultados de la pureza de jugo de los tratamientos evaluados.	51
21 Resultados de análisis foliar realizados a los cinco tratamientos evaluados.	52
22 Análisis económico del tratamiento uno y tratamiento dos evaluados.	53
23 Análisis de rentabilidad de los tratamientos evaluados.	53
24 Resultados del muestreo de suelo.	61
25 Resultados en toneladas de caña por parcela de cada tratamiento evaluado.	61
26 Datos transformados de porcentaje (variable discontinua) a datos de variables continuas muestreo de 30 días población de tallos.	63

**INDICE DE FIGURA**

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
01 Dimensiones de la unidad experimental.	29
02 Tapado de semilla del área de la evaluación.	35
03 Fertilización manual de cada una de las unidades experimentales de los tratamientos evaluados.	38
04 Obtención de las hojas para el análisis foliar.	39
05 Toma de datos de toneladas de caña por hectárea de los tratamientos evaluados	40
06 Conteo de tallos de los tratamientos evaluados.	41
07 Rendimiento en toneladas de caña por hectárea de acuerdo a los tratamientos evaluados.	42
08 Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea de acuerdo a los tratamientos evaluados.	44
09 Dinámica de población de tallos/metro lineal de los tratamientos evaluados.	46
10 Resultados de cuatro muestreos de diámetro de tallos de los tratamientos evaluados.	47
11 Resultados de los muestreos realizados a los tratamientos evaluados sobre altura de los tallos en metros.	48
12 Resultados de cuatro muestreos sobre total de entrenudos de cada tratamiento evaluado.	49
13 Resultados de Grados Brix de los tratamientos evaluados.	50
14 Resultados de pureza de jugos de los tratamientos evaluados.	51
15 Diseño de los tratamientos en el área de la evaluación.	60
16 Toma de submuestras de suelos del área de la evaluación de potasio.	60
17 Pesado de cada tratamiento evaluado.	61
18 Corte de caña de cada tratamiento evaluado.	62
19 Colocación de caña de cada tratamiento evaluado para pesarlos.	62
20 Croquis de la finca el Tempisque.	64

## RESUMEN

El documento de investigación está enfocado al estudio de cuatro dosis de potasio más un testigo absoluto, en el cultivo de la caña de azúcar, realizando el estudio en la finca el Tempisque de la administración Ican perteneciente al Ingenio Magdalena S.A.

La realización del estudio tiene como objetivo determinar el efecto del potasio sobre el rendimiento en toneladas de caña de azúcar, el rendimiento en libras de azúcar por hectárea, sobre el efecto en los componentes primarios del rendimiento (población de tallos, diámetro, altura y entrenudos) y el efecto sobre componentes industriales (grados brix, pureza y pol) de la caña de azúcar.

Para la investigación se utilizó un diseño bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, los que fueron distribuidos completamente al azar cada tratamiento en estudio en cada bloque.

En la investigación se realizó la secuencia de labores culturales para el cultivo de la caña de azúcar con la que cuenta el ingenio Magdalena, cambiando únicamente la dosis de potasio utilizada para cada tratamiento en estudio el cual correspondió en 60 Kg./ha de potasio, 80 Kg./ha. de potasio, 120 Kg./ha. de potasio y 160 Kg./ha. y un testigo absoluto el cual no se le realizó ninguna aplicación de potasio.

Los resultados obtenidos en la investigación demostraron según el análisis estadístico realizado, con una prueba de Tukey al 5 %, que todos los tratamientos en estudio son iguales, por lo tanto, se demostró que el potasio no produjo diferencia significativa sobre el rendimiento en toneladas de caña de azúcar, como también en el rendimiento en libras de azúcar por hectárea, como en los componentes primarios del rendimiento y los componentes industriales.

## ABSTRACT

The research paper is focused on the study of four doses of potassium, an absolute control in the cultivation of sugarcane, conducting the study at the farm Tempisque Ican administration of belonging to Ingenio Magdalena S.A.

The study aims to determine the effect of potassium on the yield in tons of sugar cane, the sugar yield in pounds per acre, about the effect on the primary yield components (population stems, diameter, height and internodes ) and the effect on industrial components (degrees brix, pol and purity) of sugar cane.

For the research design used was completely randomized blocks with five treatments and four replications, which were distributed completely at random each study treatment in each block.

In investigating the sequence of cultural practices for growing sugarcane that counts wit Magdalena, changing only the dose of potassium used for each study treatment which corresponded to 60 kg was performed. / Ha of potassium, 80 Kg. / ha. potassium, 120 Kg. / ha. potassium and 160 Kg. / ha. and an absolute control which will not make any application of potassium.

The results of the research demonstrated by the statistical analysis with a Tukey test at 5%, all treatments under study are equal, therefore, it was shown that potassium produced no significant difference on performance tonnes sugar cane, as in the sugar yield in pounds per acre, and the primary yield components and industrial components.

## I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera guatemalteca se ha desarrollado fuertemente en la planicie costera del Océano Pacífico, en donde, en los últimos años el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) ha crecido aceleradamente hasta llegar en la última zafra (2011/12) a 250,000 hectáreas de las 340,000 hectáreas potenciales, de esto, el ingenio Magdalena ocupa un 26% del área total sembradas a nivel nacional el cual corresponde a 65,000 hectáreas. Este crecimiento ha provocado el uso de áreas marginales para la producción del cultivo. (SIB, 2012)

Debido a este crecimiento algunas variedades de caña de azúcar se han ido adaptando a distintos nichos ecológicos y texturas de suelo, entre las que se menciona la variedad CP72-2086 ocupando un 53.19 por ciento del área total sembrada de caña a nivel nacional, por su alta productividad, resistencia a plagas y enfermedades y su fácil adaptabilidad a distintas zonas de vida y distintos tipos de suelos entre los que se mencionan los suelos del orden, mollisol, entisol, andisol, inceptisol, vertisol y en suelos del orden alfisol. (SIB, 2012)

Los suelos del orden alfisol se caracterizan por tener un horizonte B argílico, en donde parte la arcilla de los horizontes superiores migra al subsuelo. Las texturas predominantes son arcillosas, los horizontes masivos y compactos son frecuentes, lo mismo que la presencia de sales o sodio. Las características químicas y físicas de estos suelos exigen prácticas de manejo especiales para evitar su degradación total y su maximización de la fertilidad del suelo disponible para el cultivo. (García, 1988)

Debido a la condición anteriormente descritas de los suelos del orden alfisol es necesario determinar un plan de fertilización en el cual se pueda suplir todas las demandas de nutrientes del cultivo de la caña de azúcar, pero la realidad es otra, ya que la fertilización de la caña de azúcar en los ingenios azucareros se basa, principalmente en el uso de fertilizantes nitrogenados; buen porcentaje de ellos utiliza fósforo y un número reducido utiliza fertilizante potásico. (García, 1988)

Resultados de investigaciones realizados con potasio en la región han mostrados una buena correspondencia entre la respuesta de la caña de azúcar con los niveles de potasio intercambiable del suelo (Pérez, 2001).

Significativos incrementos en la producción de caña y azúcar se han obtenidos con las aplicaciones de potasio en Andisoles y Entisoles cuando el potasio intercambiable del suelo fue menor de 102 ppm. Suelos con potasio extractable arriba de 140 ppm no han mostrado respuesta a la fertilización potásica (Pérez, 2001).

La obtención de altas producciones en caña de azúcar está condicionada al uso de fertilizantes, ya que el suelo es incapaz de proveer todos los nutrientes con el ritmo y en las cantidades requeridas por la caña para lograr máximos rendimientos.

Una fertilización adecuada y oportuna de los cañaverales asegurará el logro de altas producciones durante toda su vida económica. La magnitud de los beneficios a obtener mediante la fertilización dependerá en gran medida de la fertilidad del suelo, del nivel productivo, del número de cortes del cañaveral, de las condiciones de drenaje, del empleo de la dosis adecuada, de la aplicación en época y también de la eficacia en el control de malezas y en la utilización de todas las tecnologías disponibles.

Por lo antes expuesto, fue necesario plantear la investigación sobre la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de potasio en el ciclo de plantía utilizando la variedad CP72-2086 por ser la de mayor área sembrada a nivel nacional y en la administración Ican, ya que el Ingenio Magdalena con el propósito de aumentar los rendimientos de producción de azúcar y por ende caña moledera apoyó la investigación para determinar un plan de fertilización.

Esta investigación se realizó en la administración Ican que posee seis fincas a su cargo y la finca que se utilizó para el estudio fue El Tempisque la que se encuentra ubicada en las coordenadas  $14^{\circ}08'27.8''$  latitud norte y  $91^{\circ}32'44.5''$  longitud este, y a una altura sobre el nivel del mar de 23 metros, con respecto del meridiano de Greenwich. (IGN, 1969).

El diseño que se utilizó para la evaluación de la aplicación de potasio en suelo alfisol fue bloques completamente al azar, con cuatro dosis de potasio, más un testigo, como tratamientos y cuatro bloques que correspondieron las repeticiones, tomando en cuenta las condiciones del terreno.

## II. REVISION DE LITERATURA

### I. MARCO CONCEPTUAL

#### 1.1 Origen de la caña de azúcar y su distribución

La caña de azúcar es una gramínea originaria de la India. En algunos países de Asia, tales como China, antes de la era cristiana se usaba para el pago de tributos y contribuciones (Solórzano, 1998).

Llegó a Europa 300 años antes de Cristo, gracias a Alejandro el grande, estableciéndose su cultivo hasta el siglo VI de nuestra era. (Solórzano, 1998).

Con la llegada de los españoles al continente americano, llegaron las primeras plantas de caña a la isla Hispaniola (República Dominicana), el primer lugar donde se fabrica azúcar en América (Solórzano, 1998).

Guatemala no podía quedar al margen de las pruebas de los nuevos cultivos, y es de esa manera como 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, alcanzando un incremento considerable en la década de los años 30 a la fecha. (Solórzano, 1998).

#### 1.2 La caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta Poacea perenne que se caracteriza porque durante su desarrollo capta grandes cantidades de energía, con la que forma carbohidratos y los transforma en azúcares. Forma un sistema vegetativo subterráneo del que nace un gran número de tallos, forman las llamadas cepas, estos son aprovechados al madurar para extraerles la sacarosa, obteniendo azúcar al ser procesado. (Solórzano, 1998).

#### 1.3 Clasificación botánica

La caña de azúcar pertenece a la familia Poaceae, género *Saccharum*.

Dicho género posee cinco especies, las cuales se diferencian en su número cromosómico, que es lo que proporciona la diversidad fenotípica siendo las siguientes:

- *Saccharum officinarum* L (80 cromosomas/2n)
- *Saccharum robustum*(60 – 200 cromosomas/2n)
- *Saccharum spontaneum* L (Ca 68, 40 a 128 cromosomas/2n)

Las variedades cultivadas en Guatemala hasta los años 60 pertenecen a la especie (*S. officinarum* L) clasificadas como nobles, caracterizándose por poseer tallos gruesos, bajo contenido de fibra y más del 15 % de sacarosa, debido a la susceptibilidad a plagas y enfermedades fueron abandonadas. En la actualidad, gracias al

fitomejoramiento se cultivan cañas con tolerancia a enfermedades, buen contenido de azúcar, delgadas y hojas angostas, características extraídas de algunas de las cuatro restantes especies, ya que el alto contenido de sacarosa solo lo posee la *S. officinarum* L (Solórzano, 1998).

#### 1.4 Descripción taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Fanerogama
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Monocotiledonea
Familia:	Poaceae
Orden:	Panicoidaeae
Tribu:	Andropogoneae
Subtribu:	Saccharinae
Género:	Saccharum
Especies:	<i>Saccharum officinarum</i> L (Caña noble)

#### 1.5 Descripción morfológica de la caña de azúcar (*S.officinarum*)

El sistema radicular de la caña de azúcar funciona como anclaje de forma cilíndrica; tiene un tallo leñoso de aproximadamente 6 cm de diámetro en la parte basal, posee un tejido esponjoso y dulce en el que se extrae la sacarosa. Es de altura variable (de acuerdo a la variedad oscila entre 2 a 3 m) y está formada por dos partes diferentes: nudos y entrenudos los que difieren o cambian con las diferentes variedades en longitud, diámetro, forma y color. Las hojas son láminas largas, delgadas y planas que miden generalmente entre 0.9 a 1.5 m de largo y varía de 1 a 10 cm de ancho. Según la variedad, la vaina es de forma tubular más ancha en la base y gradualmente se estrecha hacia la banda ligular, las hojas están a menudo cubiertas con pelos; y la inflorescencia es una panícula formada por pequeñas flores perfectas y sedosas llamadas espigas (Solórzano, 1998).

El cultivo de caña de azúcar, comparado con otros cultivos comerciales, tiene muchos impactos positivos sobre el medio ambiente si es que se maneja adecuadamente. Su gran productividad de biomasa le permite fijar gran cantidad de carbono, se asocia con bacterias que fijan el nitrógeno atmosférico y es una planta C-4, de alta eficiencia en la fotosíntesis. El desarrollo de la caña de azúcar depende en gran medida de la luz solar razón por la cual su cultivo se realiza en las zonas tropicales que poseen un brillo solar alto y prolongado. La clorofila existente en las células de las hojas de la caña absorbe la energía de la luz solar, la cual sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire y el agua que junto con varios minerales las raíces sacan de la tierra para formar sacarosa que se almacena en el tallo y constituye la reserva alimenticia de la planta, a partir de la cual fabrican otros azúcares, almidones y fibra (Solórzano, 1998).

## 1.6 Importancia del cultivo

El informe anual de la Asociación de Azucareros de Guatemala (Azasgua, 2012) afirma que la exportación de azúcar aumentó 19.25% en la última cosecha. Dicha estimación se hizo del 1 de noviembre de 2011, fecha en la que dio inicio la zafra, al 8 de enero de 2012, cifra superior a la del año pasado. La temporada de producción terminó en mayo en donde se esperaban alcanzar 2.3 millones de toneladas métricas (Robles, E. 2012).

La información indica que la producción 2011/2012 (hasta el 8 de enero) sumó 18 millones 486 mil 039 quintales, mientras la anterior cosecha en este tiempo fue de 17 millones 423 mil 612 quintales. Es decir que existió un aumento de 1 millón 062 mil 427 quintales, lo cual representan un 6.10% de crecimiento (Robles, E. 2012).

La demanda aumentó, ya que las exportaciones llegaron a 7 millones 074 mil 014 quintales en la zafra 2010/11, pero aumento a 8 millones 435 mil 588 en 2011/12. (Robles, E. 2012).

Las divisas generadas por las exportaciones de azúcar en 2010 alcanzaron \$723 millones, mientras en 2011 llegó a \$648 mil 819.2, ya que las exportaciones aumentaron por una mayor demanda ante un mercado que prefiere la calidad de los granos de azúcar producidos en Guatemala. (Robles, E. 2012).

Guatemala tiene una buena competencia con otros surtidores de azúcar, pero por la calidad, el costo de refinamiento es menos y eso mejora la competitividad, que hace que, incluso, países como Corea del Sur la prefieran, por lo que se duplicó la venta. (Robles, E. 2012).

## 1.7 Requerimientos edáficos del cultivo

Este cultivo se desempeña bien en suelos sueltos, profundos y fértiles. Si se cuenta con riego se podrá lograr mejores rendimientos que en suelos sin regar. Puede producirse también en suelos marginales como los arenosos y suelos arcillosos con un buen drenaje (Chaves, 2002).

No se recomienda para suelos franco-limosos y limosos. Se adapta bien a los suelos con pH que va desde 4 a 8.3 (Chaves, 2002).

## 1.8 Requerimientos nutricionales

La caña de azúcar puede adaptarse a suelos 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 misma en las capas sub-superficiales de los suelos en la finca (Chaves, 2002).

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. (Chaves, 2002).

### **1.9 Requerimientos climáticos**

Esta especie es típica de los climas tropicales y puede producirse hasta los 35 grados latitud norte y sur, se desempeña mejor en altitudes que van desde 0 a 1,000 metros sobre el nivel del mar, aunque los rendimientos obtenibles hasta 1500 metros son económicamente aceptables. Se desempeña bien con una temperatura media de 24 °C, además de una precipitación anual de 1500 mm bien distribuidos durante su ciclo de crecimiento. Cuando las temperaturas de la noche y del día son uniformes, la caña no cesa de crecer y en sus tejidos siempre habrá un alto porcentaje de azúcares reductores.

Las variaciones de temperatura superiores a 8 °C son muy importantes en la fase de maduración, porque ayudan a formar y a retener la sacarosa (Sánchez, 1982; Buenaventura, 1990; citados por Peña, 1997).

A mayor radiación solar, habrá mayor actividad fotosintética y mayor traslocación de los carbohidratos de las hojas al tallo, produciendo tonelajes más altos de azúcar en la fábrica (Sánchez, 1982; Buenaventura, 1990; citados por Peña, 1997)

## **II. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 Origen del potasio en el suelo**

El potasio es un constituyente abundante y vastamente distribuido en las rocas superficiales de la tierra; se calcula que representa, en peso, un 2,6% de la corteza terrestre. La mayor parte del potasio en las fracciones arena y limo de los suelos se halla en los minerales clasificados como feldespatos y micas y, entre ellos, los más importantes son los feldespatos ortoclasa y microclino y las micas biotita y muscovita. La illita, es el principal mineral portador de potasio en la fracción arcilla de los suelos. (Cruzate, G. 2001)

La riqueza en potasio, tanto intercambiable como no intercambiable, es sustancial, pues los cultivos no sólo asimilan potasio intercambiable sino que absorben potasio no intercambiable en importantes proporciones, sobre todo durante los lapsos más avanzados del período vegetativo. (Cruzate, G. 2001).

En condiciones naturales, los procesos pedogenéticos de clima y vegetación, actúan sobre los minerales presentes produciendo en mayor o menor medida la disponibilidad de potasio en el suelo. De esta manera, su contenido está estrechamente relacionado con el tipo de material parental ya su pedogénesis. Las investigaciones demostraron que el sistema agrícola no tiene otra vía de ingreso natural para el balance de potasio que la reposición proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios, siendo preponderante la participación de la fracción arcilla. Los minerales arcillosos son la fuente principal de potasio en el suelo (Cruzate, G. 2001).

Aunque los suelos derivados de ceniza volcánica por su origen, generalmente tienen buenas reservas de K en el suelo, factores como la alta cantidad e intensidad de las lluvias y las texturas livianas tienden a favorecer la lixiviación de las formas disponibles de  $K^+$ . (Pérez, 2001).

La disponibilidad de potasio está relacionada a la facilidad que las plantas puedan obtenerlo esto significa que debe estar disuelto como ión potasio ( $K^+$ ) en la solución del suelo. Esa es la única forma con la que es absorbido por la planta. El potasio ( $K^+$ ) en el suelo se encuentra en varias formas y con diferentes grados de disponibilidad. Las formas intercambiables y en solución son las fracciones fácilmente disponibles para las plantas y las que generalmente son extraídas y medidas en los procedimientos analíticos de un laboratorio para medir la disponibilidad de  $K^+$  en el suelo (Pérez, 2001).

El potasio de la solución de suelo está inmediatamente disponible por las plantas, pero las cantidades presentes allí son muy pequeñas. Apenas una mínima porción del potasio total del suelo se encuentra en esta forma. Las plantas en crecimiento, rápidamente extraen el potasio de la solución del suelo, pero a medida que es absorbido y extraído, su concentración es renovada y restituida inmediatamente por la cesión de formas menos accesibles ubicadas en las zonas de adsorción de los coloides minerales y orgánicos del suelo, potasio intercambiable. El proceso de adsorción es el que repone y equilibra la concentración de potasio de la solución del suelo. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), específicamente el K intercambiable es el que regula y mantiene la concentración de K en solución. Esta forma es la llave principal de la dinámica del potasio en el suelo. A medida que la concentración del potasio de la solución desciende, el potasio adsorbido es liberado a la solución del suelo. A la inversa, si la concentración de potasio de la solución del suelo aumenta por la aplicación de fertilizantes potásicos, parte de éste dejará la solución y se unirá electrostáticamente al material coloidal de la fase sólida (Cruzate, G. 2001).

El potasio de la solución más el intercambiable, es comúnmente denominado potasio disponible y medido en los análisis convencionales para evaluar la fertilidad del suelo.

Existen otras formas de potasio que están fuertemente unidas a la fase sólida mineral, las cuales se denominan potasio fijado y potasio estructural. Ambas constituyen el potasio de reserva o de reposición de los suelos. El potasio fijado es el que se ubica en el espacio de las láminas de silicio y el potasio estructural que es el que está químicamente combinado con los elementos en la estructura de los minerales del suelo. Ambas formas son denominadas K no intercambiable (Cruzate, G. 2001).

La cantidad de potasio en la solución del suelo es siempre baja y el potasio intercambiable, mucho más abundante, restablece rápidamente la concentración en la solución. El potasio no intercambiable, fundamentalmente el fijado, es la fracción que regula el abastecimiento al potasio disponible del sistema en períodos de alta demanda (Cruzate, G. 2001).

El suministro a la planta durante un período determinado dependerá de la cantidad de potasio de cada fuente y de la velocidad con que se establece la reposición y el equilibrio entre las formas (Cruzate, G. 2001).

La velocidad a la cual el potasio se vuelve disponible para las raíces es afectada por la cantidad de intercambiable, no intercambiable y por la velocidad de movimiento del potasio a través del suelo. A medida que la raíz absorbe potasio, el intercambiable próximo a las raíces disminuirá ó se agotará. Al disminuir la concentración de potasio intercambiable, éste se moverá desde zonas más enriquecidas y distantes de la raíz hasta restablecer nuevamente el equilibrio. La velocidad con que se moviliza o difunde el potasio, dependerá de los materiales constituyentes del suelo y las condiciones ambientales, siendo más alta en suelos húmedos (Cruzate, G. 2001).

La reserva de potasio intercambiable y no intercambiable depende fundamentalmente de la cantidad y calidad de arcillas presentes en el suelo. La fuerza de retención varía con el tipo de arcilla y la posición del ión en la misma (Cruzate, G. 2001).

Cuando el K intercambiable ha disminuido hasta un mínimo (potasio intercambiable mínimo), el abastecimiento de la solución del suelo se produce por el K de las interláminas de las arcillas (potasio fijado). La principal fuente natural de reposición ante las intensivas extracciones realizadas por los cultivos, es el potasio fijado, contribuyendo significativamente a la nutrición potásica cuando la forma intercambiable es insuficiente, pero con mucha menor velocidad de pasaje a la solución del suelo (Cruzate, G. 2001).

Una agricultura intensiva requiere una gran velocidad de reposición de potasio a la solución del suelo y ello está ligado solo a grandes cantidades de potasio intercambiable.

Los aportes de potasio por fertilizante son necesarios para reponer potasio en estas posiciones, en especial en aquellos suelos en agricultura continua, con baja saturación y baja regulación potásica (Cruzate, G. 2001).

El agregado de fertilizante se ve afectado por la cantidad, naturaleza y saturación potásica de las arcillas, que provocan una redistribución del potasio agregado en las formas intercambiables y fijadas. De esta manera, trae cambios en la dinámica del potasio favoreciendo el proceso de liberación de potasio a la solución del suelo por aumento del K intercambiable y K fijado (Cruzate, G. 2001).

El potasio (K) en el suelo se encuentra en varias formas y con diferentes grados de disponibilidad. Las formas intercambiables y en solución son las fracciones que son fácilmente disponibles para las plantas y las que generalmente son extraídas y medidas en los procedimientos analíticos a nivel de laboratorio para medir la disponibilidad de potasio en el suelo (Cruzate, G. 2001).

## **2.2 Formas de potasio en el suelo**

El potasio en el suelo se presenta de las siguientes formas básicamente:

### **2.2.1 Potasio no disponible**

Este se encuentra en los minerales (rocas). El K es liberado a medida que los minerales se intemperizan, pero esto sucede en forma lenta que no se hace disponible para las plantas en crecimiento. (García, F. 1988).

### **2.2.2 Potasio disponible en forma lenta**

Este tipo de potasio está “fijado” o atrapado entre las capas de ciertas arcillas del suelo. Estas arcillas se encogen y se expanden con los suelos secos y húmedos respectivamente, los iones ( $K^+$ ) pueden ser atrapados entre estas capas haciéndose no disponibles o disponibles lentamente.

Este potasio es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales tales como la Illita que aparecen alternativamente para eliminarlo o fijarlo, dependiendo de diversos factores. (García, F. 1988).

### **2.2.3 Potasio disponible del suelo**

El K disponible en forma inmediata se encuentra en la solución del suelo, más el potasio retenido en forma intercambiable de las arcillas y la materia orgánica. (García, F. 1988).

### **2.2.4 Potasio en la solución de suelo**

El potasio de la solución de suelo está inmediatamente disponible y puede ser absorbido por las plantas en forma inmediata, pero las cantidades presentes son muy pequeñas. Apenas una mínima porción del potasio total del suelo se encuentra en esta forma (Cruzate, G. 2001).

Las plantas en crecimiento, rápidamente extraen el potasio de la solución del suelo, pero a medida que el potasio es absorbido y extraído, su concentración es renovada y restituida inmediatamente por las formas menos accesibles ubicadas en las zonas de adsorción de los coloides minerales y orgánicos del suelo. El proceso de adsorción-desorción es el que repone y equilibra la concentración de potasio de la solución del suelo. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), específicamente el K intercambiable es el que regula y mantiene la concentración de K en solución, esta forma de potasio es la clave de la liberación y renovación de la solución del suelo (Cruzate, G. 2001).

### **2.2.5 El Potasio intercambiable**

Es la forma iónica del potasio ( $K^+$ ) unido electrostáticamente a los materiales que componen la fase sólida coloidal mineral y orgánica. A medida que la concentración del potasio de la solución desciende, el potasio absorbido disminuye porque es liberado a la solución del suelo. A la inversa, si la concentración de potasio de la solución del suelo aumenta por la aplicación de fertilizantes potásicos. Parte de éste dejará la solución y se unirá electrostáticamente al material coloidal de la fase sólida. El potasio de la solución más el intercambiable, es comúnmente denominado potasio disponible y medido en los análisis convencionales para evaluar la fertilidad potásica del suelo (Cruzate, G. 2001).

### **2.2.6 El Potasio de reserva**

Existen formas de potasio que están fuertemente unidas a la fase sólida mineral, las cuales se denominan «potasio fijado» y «potasio estructural». Ambas constituyen el potasio de reserva o de reposición de los suelos. El potasio fijado es el que se ubica en el espacio hexagonal de las láminas de silicio y el potasio estructural que es el que está químicamente combinado con los elementos en la estructura de los minerales del suelo. Ambas formas son denominadas potasio no-intercambiables. Se produce un equilibrio entre el potasio intercambiable y estas formas no-intercambiables (Cruzate, G. 2001).

El proceso para alcanzar el estado de equilibrio es mucho más lento que el de potasio de la solución del suelo-potasio intercambiable. El mecanismo de reposición y equilibrio entre las formas es: La fuente inmediata de potasio para las plantas es el que está disuelto en la solución del suelo; la reposición que mantiene su nivel estable es en primer lugar, la forma K intercambiable y luego el K fijado. El suministro a la planta durante un período determinado dependerá de la cantidad de potasio de cada fuente y de la velocidad con que se establece la reposición y el equilibrio entre las fuentes. La cantidad de potasio en la solución del suelo es siempre baja, el potasio intercambiable, mucho más abundante, restablece rápidamente la concentración en la solución. El potasio no intercambiable, fundamentalmente el fijado, es la fracción que regula el abastecimiento al potasio disponible del sistema en períodos de alta demanda (Cruzate, G. 2001).

## **2.3 Dinámica de potasio en el suelo**

El potasio no se mueve mucho en el suelo, a diferencia de otros nutrientes, el potasio tiende a permanecer en el lugar donde se coloca el fertilizante (García, F. 1988).

Si el potasio llega a moverse lo hace por difusión, lento y a corta distancia en las películas de agua que rodean las partículas de suelo. Las condiciones de sequía hacen a este movimiento aun más lento (García, F. 1988).

Las raíces de los cultivos por lo general entran en contacto con menos del 3% del suelo en el cual crecen; de modo que el suelo debe estar bien suplido de potasio para asegurar la disponibilidad de potasio en cada etapa de su desarrollo. (García, F. 1988).

#### **2.4 Factores que afectan el equilibrio del K en el suelo**

Los coloides del suelo tienen cargas negativas y atraen los cationes, como es el  $K^+$ . Los coloides del suelo repelen los aniones, como son los nitratos (García, F. 1988).

De modo que los cationes son retenidos en forma intercambiable (adsorbidos), Estos cationes intercambiables se encuentran en equilibrio con los que se encuentran en la solución del suelo. Este equilibrio es posible representarlo en la forma siguiente (Cruzate, G. 2001):

$K + \text{de intercambio} \rightleftharpoons K + \text{en solución}$

#### **2.5 Importancia del potasio en el suelo**

El potasio es uno de los tres nutrientes minerales que necesitan las plantas en mayor cantidad. Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión  $K^+$  (Cruzate, G. 2001).

La cantidad de potasio en la solución del suelo está en función (controlada) por de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas (micelas) de arcilla (Cruzate, G. 2001).

Los cultivos extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento y desarrollo y como es de esperarse, la falta de éste elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad del cultivo (Cruzate, G. 2001).

Además, la deficiencia de potasio aumenta la vulnerabilidad del cultivo a enfermedades y lo hace menos resistente a condiciones de "stress" tales como sequías, heladas entre otros (Cruzate, G. 2001).

El abastecimiento de K en el suelo es limitado, aun los suelos que contienen arcillas ricas en este mineral no pueden suplirlo indefinidamente (Cruzate, G. 2001).

Es un error creer que en suelos que por naturaleza son ricos en K (ej. Vertisoles), adicionar este elemento a los cultivos es innecesario. El potasio extraído por los cultivos debe de regresarse al suelo, para no disminuir la fertilidad del mismo; cuando el agricultor saca de la parcela o campo la cosecha, se está llevando consigo el potasio fuera del sistema agrícola (Cruzate, G. 2001).

También, se puede apreciar que se pierde potasio al sacar la cosecha, por lavado, especialmente en suelos arenosos y lugares de alta precipitación pluvial, por escurrimiento y/o erosión en sitios donde la pendiente y el manejo del agua y drenaje son deficientes. En los sistemas de agricultura moderna, la cosecha es probablemente la forma en la que se extrae mayor cantidad de K del suelo. Así, el no regresar lo que se extrae o se pierde durante el ciclo del K ocasiona que el suelo pierda fertilidad y por ende productividad potencial (Cruzate, G. 2001).

Las formas de incorporación del potasio al suelo son: adición de residuos vegetales, estiércoles, residuos animales sólidos y fertilizantes minerales. Algunos fertilizantes minerales como el cloruro de potasio (KCl) y el sulfato de potasio y magnesio ( $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ ), son extraídos de yacimientos de silvinita y silvita (el primero) y langbeinita (el segundo) (Cruzate, G. 2001).

Estos fertilizantes no son elaborados por síntesis química, simplemente por medios físicos se limpian y acondicionan para ser utilizados en agricultura. Tienen la ventaja que son solubles por lo que son de rápida disponibilidad a los cultivos (Cruzate, G. 2001).

## **2.6 El papel del potasio en el crecimiento de la caña de azúcar**

La acumulación de potasio en las hojas de la caña se incrementa hasta que se llega a un máximo de producción de follaje (Lazcano, I. 2005).

Después de que la producción foliar finaliza, la cantidad de potasio en la planta de la caña se mantiene constante hasta que el número de hojas activas disminuye durante el proceso de maduración. La planta de la caña puede sufrir de deficiencia de potasio aún en suelos que reportan altos contenidos de este elemento (Lazcano, I. 2005).

Especialmente si estos suelos son del tipo pesado (arcillosos), con poca estructura, de alta densidad o compactación debida al tráfico de equipo agrícola y con cantidades relativamente altas de calcio y/o alta saturación de sodio. El oxígeno disponible para las raíces en esos suelos siempre es bajo (Lazcano, I. 2005).

Además, la dificultad de obtener potasio en cantidades adecuadas en esos suelos se incrementa con altos contenidos de humedad y/o bajas temperaturas (Lazcano, I. 2005).

El potasio juega un papel muy importante como catalizador dentro del metabolismo de las plantas y generalmente se encuentra donde existe transferencia de energía dentro de la planta. El potasio participa en la formación y neutralización de ácidos orgánicos. Además, juega un papel muy importante en el balance entre la formación, acumulación y consumo de azúcares por la planta durante el desarrollo vegetativo (Lazcano, I. 2005).

El potasio incrementa la dureza de las paredes celulares en los tejidos de las plantas, logrando así, una disminución en el acame (caída de la planta al suelo) de los tallos de la caña de azúcar (Lazcano, I. 2005).

El mantener la caña de azúcar erecta es muy importante para la cosecha mecanizada y además, también hace más eficiente la cosecha manual (Lazcano, I. 2005).

La fotosíntesis disminuye con incrementos en la deficiencia de potasio. Pérdidas significativas en el rendimiento de azúcar se pueden dar aún cuando no existan síntomas visibles de deficiencia de potasio (Lazcano, I. 2005).

## **2.7 El papel del potasio en la traslocación de azúcares**

La deficiencia de nutrientes limita la traslocación (movimiento) de azúcares desde las hojas (punto de fabricación) a los lugares de almacenamiento. El movimiento de los azúcares recién formados en las hojas se realiza a una velocidad aproximada de 2.5 centímetros por minuto en plantas de caña bien fertilizadas en el campo (Lazcano, I. 2005).

La deficiencia de fósforo no ha mostrado tener un efecto significativo en la velocidad de traslocación de azúcares, la deficiencia de nitrógeno tiene un efecto intermedio, mientras que la falta de potasio puede bajar la eficiencia del transporte de azúcares por debajo de la mitad comparada con el control. Sin una cantidad adecuada de potasio una buena parte del azúcar, puede terminar en las hojas en lugar de cosechado en el tallo (Lazcano, I. 2005).

## **2.8 El papel del potasio en la eficiencia del uso del agua por la planta**

Las plantas consumen grandes cantidades de agua y la caña de azúcar no es la excepción. Es más, la caña de azúcar está considerada como uno de los cultivos que más agua consumen. Con un promedio de 12 hojas por tallo y 80,000 tallos por hectárea, este cultivo presenta una cobertura foliar de aproximadamente 96,000 m<sup>2</sup> /ha. O lo que es lo mismo diez veces la superficie de suelo (de una hectárea) que ocupa el cultivo (Lazcano, I. 2005).

Las hojas y la planta de la caña se mantienen frescas gracias a la evaporación del agua a través de los estomas de las hojas (evapotranspiración). Estos estomas (poros) de las hojas se mantienen abiertos cuando existe humedad e iluminación suficiente para un buen desarrollo de la planta, permitiendo así la salida de agua y la entrada de bióxido de carbono necesario para la formación de azúcares. Los estomas se cierran bajo condiciones de baja humedad del suelo y obscuridad (Lazcano, I. 2005).

El potasio controla en parte la hidratación de las células de los estomas. Cuando el potasio está deficiente, se produce un desajuste en el control de los

estomas y estos no abren y cierran como debieran provocando un mayor gasto de agua y menor eficiencia en la asimilación de carbono necesario, para la formación de azúcares en las hojas de la caña (Lazcano, I. 2005).

Esto tiene como resultado una disminución en la tasa de crecimiento (desperdicio de N) y una baja en la concentración de azúcar en el tallo de la planta. Así, la falta de potasio en la caña de azúcar resulta en la reducción de la “habilidad” de la planta para hacer un uso eficiente del agua disponible, de la luz y del fertilizante nitrogenado (Lazcano, I. 2005).

## 2.9 Dinámica de los nutrientes en un cañaveral

De los numerosos nutrientes necesarios para un crecimiento y desarrollo adecuado de la caña de azúcar, está comprobado en todas las áreas cañeras del mundo, que el más importante en cuanto a respuesta del cultivo es el nitrógeno (Lazcano, I. 2005).

Sin embargo, se han encontrado que algunos suelos podrían también requerir aportes de fósforo y a veces de potasio. Por esta razón, se recomienda las dosis de macronutrientes que se detallan en el siguiente cuadro (Lazcano, I. 2005).

**Cuadro 01 Recomendación de nutrientes en caña de azúcar.**

<b>Macronutrientes</b>	<b>Kg./ha/año</b>
Nitrogeno	130-200
Fosforo	80-100
Potasio	300-350
Azufre	20-30
Calcio	55-60
Magnesio	35-45

Fuente: Lazcano I. (2005).

## 2.10 Síntomas de deficiencia de potasio en la caña de azúcar

Las hojas jóvenes deficientes en potasio son de color verde oscuro comparadas con las hojas viejas (amarillentas). Ambas, las hojas jóvenes y las maduras parece que se originan de un mismo punto de crecimiento, una característica clásica de las plantas que no están creciendo (conocido como escoba de bruja) (Lazcano, I. 2005).

Las plantas de caña de azúcar que sufren por deficiencia de potasio muestran una depresión del crecimiento, tallos más delgados (Lazcano, I. 2005).

Es clásico observar un amarillamiento y desarrollo de marchitez en los márgenes de las hojas maduras y viejas de la parte de abajo de la planta lo que ocasiona que la hoja muera prematuramente (Lazcano, I. 2005).

Esto reduce el área foliar verde donde se realiza la fotosíntesis y limita la cantidad de azúcares producidos por el cultivo. Las hojas más viejas desarrollan un color amarillo-naranja con muchos puntos cloróticos en la lámina de la hoja. Después, estos puntos se transforman en manchas cafés con centros necróticos (Lazcano, I. 2005).

Al irse generalizando estos puntos, el bronceado café de los puntos se extiende por toda la hoja con una coloración rojiza que se presenta principalmente en las células de la epidermis de la parte de “arriba” de la lámina de la nervadura central de la hoja. Al final las hojas empiezan a morir a partir de los márgenes y puntas (Lazcano, I. 2005).

### **2.11 El análisis de suelo y de planta como guías de la necesidad de potasio**

Los análisis de suelo y planta son usados para determinar las dosis óptimas de fertilización en prácticamente todas las regiones cañeras del mundo. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la planta de la caña de azúcar puede sufrir por deficiencia de potasio aún en suelos que según el análisis contiene altos niveles de este nutriente (Humbert, 1977)

Por esta razón, el análisis de planta ofrece una valiosa ayuda cuando se quiere determinar el estado nutricional de la caña de azúcar. Además el análisis foliar nos puede indicar la falta de disponibilidad de este nutriente (K) en el suelo y así auxiliar en la determinación de los niveles críticos de respuesta por el cultivo (Humbert, 1977).

La caña de azúcar tiene una alta demanda de potasio y las reservas naturales de potasio se pueden perder en muchos suelos en un lapso pequeño de tiempo si no se toman medidas correctivas. Una baja cantidad de potasio disponible en el suelo puede causar una germinación errática (Humbert, 1977).

En suelos arenosos, la lixiviación de potasio puede ser alta, pero en otros suelos las pérdidas de potasio son pequeñas. Las plantas deficientes de potasio son menos resistentes a las enfermedades y a la sequía (Humbert, 1977).

### **2.12 Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar**

La fertilización constituye una práctica cultural de máxima importancia para que los cañaverales alcancen altos rendimientos. Sin embargo, su elevado costo exige realizar un uso oportuno y efectivo para asegurar su máximo aprovechamiento (Lazcano, I. 2005).

El logro de mejoras en la eficacia de la fertilización, práctica que debe ser integrada al manejo general del cultivo y asociada a la incorporación de los avances tecnológicos disponibles, permitirá el establecimiento temprano de una población inicial óptima, con una distribución uniforme de los tallos y con mínimas

fallas, asegurando la conformación de cañaverales con una elevada población de tallos molibles, componente de máxima importancia en la definición del rendimiento (Lazcano, I. 2005).

Asimismo, es importante entender que la ejecución adecuada y efectiva de la fertilización puede significar la diferencia entre solo recuperar lo invertido o generar un beneficio económico (Lazcano, I. 2005).

Además será muy importante, a fin de mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes, que la implementación de esta práctica vaya acompañada de la recolección de información del suelo y del conocimiento de la producción de cada lote a través de su vida económica (Lazcano, I. 2005).

### **2.13 ¿Por qué se debe fertilizar? ¿Con qué nutrientes?**

Las necesidades nutricionales de cualquier cañaveral están determinadas por la cantidad total de nutrientes que necesita extraer del suelo durante su crecimiento y desarrollo para lograr una elevada producción.

La caña de azúcar posee altos requerimientos nutricionales debido a su elevada capacidad de producción de material vegetal (tallos móviles, follaje, cepa y raíces) y la prolongada duración de su ciclo, razón por la cual efectúa una elevada extracción de nutrientes del suelo que, puede alcanzar niveles de 800-1500 kg de nutrientes por hectárea y por año, destacándose por su cantidad algunos macronutrientes (Lazcano, I. 2005).

Por esta razón, los cañaverales exigen la ejecución de un programa adecuado de fertilización, capaz de restituir al suelo lo extraído por el cultivo, especialmente lo que se pierde a través de la materia prima que es cosechada y procesada en el Ingenio (Lazcano, I. 2005).

### **2.14 La fertilización con potasio en caña de azúcar**

Para obtener altos rendimientos y buena calidad de jugos, la planta de la caña de azúcar requiere de igual o mayor cantidad de potasio que de nitrógeno y fósforo. En la mayoría de los países productores de caña la relación recomendada de N:P:K es de 2:1:3, 2:1:2 ó 2:1:1 ( Anderson, E. y Bowen, J.E. 1994)

Sin embargo, muchos agricultores todavía no aplican la cantidad adecuada de K en relación a la cantidad de nitrógeno que utilizan. Esto ocasiona que la eficiencia del fertilizante nitrogenado que se está aplicando se vea disminuida y además la producción de sacarosa sea menor por tonelada de caña producida (Anderson, E. y Bowen, J.E. 1994).

**Cuadro 02 Niveles adecuados y niveles críticos de Potasio en plantas de la caña de azúcar según diferentes fuentes y países.**

Peso Seco (%)		Hoja o Tejido Usado	Edad Hoja (meses)	Correccion (kg K/ha)	Pais
Critico	Optimo				
0.62	0.62-1.45	3	6	99	Brasil
1	> 1.5	1	3	165	Costa Rica
0.9	1-1.6	1, sin n central	4-6	154	Florida
1.2	0	1	4	0	Guayana
0.42	0.42-0.56	Indice K-H <sub>2</sub> O **	2- 24	0 - 330	Hawai
1	1.25-1.75	2	3	74	Lousiana
0.62	1.05-1.45	1	4- 6	0	Mauricio
1	1.65-2	1	3	93 - 279	Puerto Rico

\*\* Indice K - H O = contenido de K en las vainas 1 a 4, expresado en base a peso humedo.

**Fuente: Anderson, E. y Bowen, J.E. (1994)**

La aplicación sobre la superficie de los fertilizantes puede resultar en pérdidas muy significativas por volatilización del nitrógeno y pérdidas de N,P y K por erosión o lavado superficial. Anderson, E. y Bowen, J.E. (1994).

El potasio y en especial el fósforo (P) pueden ser “fijados” en la parte superficial de algunos suelos, haciéndolos no disponibles para la planta. Hay que recordar que las raíces de la caña de azúcar no crecen hacia la superficie del terreno; así entonces, la incorporación de los fertilizantes cerca de las raíces de la planta reviste una labor muy importante a realizar durante el manejo del cultivo de la caña de azúcar (Anderson, E. y Bowen, J.E. 1994).

La cantidad de potasio a utilizar debe ser la suficiente para mantener un crecimiento óptimo y así mantener las tasas de crecimiento necesarias cuando el cultivo se encuentra en su máximo desarrollo diario, esto puede llegar a ser cuando la caña produce entre 16 y 20 ton/ha al mes (Anderson, E. y Bowen, J.E. (1994).

Cuando la cantidad de K no es la adecuada, el contenido de humedad de la caña disminuye y las tasas de crecimiento se ven alteradas negativamente. Si el potasio no se encuentra en cantidades adecuadas, la recuperación de nitrógeno no es eficiente. La relación caña/azúcar no es la adecuada y esto ocasiona menores ganancias para el agricultor y la fábrica (Anderson, E. y Bowen, J.E. (1994).

### **2.15 Suelos del orden Alfisol**

Suelos con un horizonte interno que tiene altos contenidos de arcilla con relación a los horizontes superficiales, además presentan alta saturación de bases (mayor de 35%). Los alfisoles son suelos maduros con un grado de desarrollo avanzado, pero que todavía tienen un alto contenido de bases en los horizontes interiores. Generalmente son suelos con buen potencial de fertilidad. Dentro de este orden se ha diferenciado el siguiente suborden (García, F. 1988).

**Cuadro 03 Suborden y características principales de los suelos Alfisol.**

Suborden	Características	Lineamientos generales de manejo
<b>Aqualfs</b>	Alfisolos que presentan una acumulación de agua en su interior por varios días o meses, en la mayoría de los años.	Para actividades agrícolas, se hace necesaria la eliminación del exceso de agua, con el fin de adecuarlos a las actividades productivas.
<b>Udalfs</b>	Alfisolos que son húmedos en su interior por 270 días o más la mayoría de los años, por consiguiente, tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año.	Estos alfisolos son muy productivos para la agricultura cuando se encuentran en superficies de relieve suave. Los Udalfs que están en relieves ondulados o pendientes mayores, ofrecen muy buen potencial para la producción forestal y para la conservación de recursos naturales.
<b>Ustalfs</b>	Alfisolos que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan déficit de humedad.	Al igual que los Udalfs, ofrecen buenas condiciones para la producción agropecuaria, pero en caso de actividades agrícolas, se requiere de la suplementación de agua, para tener cultivos con mas de una cosecha por año.

Fuente: (Henríquez, 2005)

### 2.15.1 Suborden Udalfs

Son suelos alfisolos usualmente húmedos que se encuentran bajo la influencia de un clima tropical húmedo con temperaturas medias superiores a 25°C y diferencias térmicas entre la media de verano y la de invierno menores de 5°C. Comprende los Grandes Grupos Paleudalf y Tropudalf (García, F. 1988).

#### 2.15.1.1 Grande Grupo Paleudalf

Alfisolos con horizonte argílico; la proporción de la arcilla decrece de su cantidad máxima no menos de un 20% a través del perfil edáfico (García, F. 1988).

#### 2.15.1.2 Grande Grupo Tropudalf

Alfisolos con horizonte argílico, cuya proporción de arcilla decrece en su cantidad máxima hasta un 20% a través del perfil edáfico (García, F. 1988).

A estos dos órdenes de suelos pertenecen los suelos más viejos y meteorizados del país. Las diferencias entre Alfisolos y Ultisolos son químicas y se establecen en el sub-horizonte, por lo que en términos agrícolas prácticos, puede considerarse que presentan una capa arable muy semejante (García, F. 1988).

Frente al manejo intensivo estos dos tipos de suelos comienzan a mostrar mayores diferencias entre sí, presentando los Ultisolos los problemas nutricionales más acentuados (García, F. 1988).

### **2.15.2 Origen**

Estos suelos se originan por el movimiento vertical del agua por períodos prolongados en condiciones de alta temperatura sobre prácticamente casi cualquier tipo de material parental. Su principal característica es la formación de un horizonte argílico o sea de acumulación de arcilla iliviada (que migra del horizonte superficial al profundo) (Henríquez, 2005).

Para que la lixiviación ocurra con intensidad, la precipitación debe ser más elevada que la evapotranspiración potencial en condiciones de drenaje libre, esto es que la tabla de agua debe encontrarse muy profunda y separada de la superficie. Este proceso conlleva la pérdida de cationes mono y divalentes (Na, K, Ca y Mg) con la acumulación de cationes tri y tetravalentes como el Al, Fe y Si (Henríquez, 2005).

La coloración de estos suelos se debe principalmente al grado de hidratación del Fe el cual, en su forma oxidada, confiere tonalidades pardo rojizas o rojizas en las pares cóncavas del relieve, y en su forma hidratada da cabida a los colores pardo amarillentos y amarillentos en las depresiones convexas de estos paisajes (Henríquez, 2005).

El principal criterio para clasificar estos suelos como Ultisoles y Alfisoles es la presencia de un horizonte argílico y/o kándico subsuperficial, en el primer caso bajo condiciones ácidos (trópicos húmedos), y en el segundo, de neutras a básicas (trópico húmedo seco) (Henríquez, 2005).

### **2.15.3 Propiedades mineralógicas**

Mineralógicamente, presentan predominancia de arcillas 1:1 (principalmente caolinita) y óxidos de Fe y Al. Aunque estos materiales son finos, la formación de puentes de H en las 1:1, propicia que las partículas se agreguen entre sí dando estructuras más desarrolladas. Estas a su vez se recubren de óxidos y constituyen un tipo de partícula de mayor tamaño que es conocida como "pseudoarena".(Henríquez, 2005)

### **2.15.4 Propiedades físicas**

La presencia de agregados estables en estructuras granulares confiere a estos suelos una condición física excelente, en particular, en lo que se refiere a sus drenajes naturales. Sin embargo, si existen prácticas de manejo como sobre pastoreo o una mecanización intensiva que modifiquen estas características naturales las condiciones físicas pueden deteriorarse irreversiblemente.

El encalado de estos suelos, si bien favorece las condiciones de fertilidad, en exceso también puede conducir e incrementar su erosión al favorecer la de floculación de las arcillas (Henríquez, 2005).

Estos efectos, desde el punto de vista de productividad, son mucho más acentuados en Ultisoles que en Alfisoles pues se unen a su pobreza nutricional creándose un ambiente edáfico poco amistoso para las raíces de la planta (Henríquez, 2005).

### **2.15.5 Propiedades nutricionales**

Desde el punto de vista nutricional, las buenas condiciones de agregamiento de estos suelos representan condiciones ideales para la lixiviación de nutrimentos, especialmente las bases (Ca, Mg, K) lo que conduce a acentuados problemas de acidez (Henríquez, 2005).

Además, los materiales arcillosos de estos suelos al unirse unos con otros, restringen su superficie específica y ofrecen una muy pobre capacidad de intercambio de cationes efectiva, lo que determina su muy baja fertilidad (Henríquez, 2005).

Al ser suelos ácidos, aparte de los problemas directos de toxicidad de Al y en menor grado de Mn, también presentan problemas de disponibilidad de P por fijación del mismo al hierro y aluminio (Henríquez, 2005).

Como no se presentan buenas condiciones para la acumulación de materia orgánica, y los nitratos se pierden muy fácilmente por lavado, la disponibilidad de N es siempre baja (Henríquez, 2005).

Muchos de los microelementos son solubles en medios ácidos, lo que permite su pérdida por lavado; sin embargo, en suelos viejos y expuestos a mucho lavado, por lo que es común que se encuentren en niveles de insuficiencia (Henríquez, 2005).

### **2.15.6 Manejo**

Un encalado prioritario que contemple tanto el suplemento de Ca como el de Mg, así como la selección de germoplasma tolerante a condiciones ácidas, generalmente, es la acción inicial que debe practicarse en estos suelos (Henríquez, 2005).

La fertilización abundante y fraccionada de NPK sostiene la producción en dichos suelos, cuando se contempla la adición de elementos menores en el momento oportuno. Prácticas de fertilización orgánica ligadas a encalado pueden también ser una fuente importante de nutrimentos y de mejoramiento de las propiedades físicas alteradas por el mal manejo (Henríquez, 2005).

## **2.16 Efecto del potasio en caña de azúcar**

Investigaciones realizadas por parte del centro de investigación de la caña de azúcar (CENGICAÑA) en el cultivo de caña de azúcar y la incorporación de

potasio en dicho cultivo, se concluyó que la aplicación de potasio incrementó significativamente el rendimiento de toneladas de caña y toneladas de azúcar en suelos Andisoles y Entisoles en donde el contenido de potasio era menor de 102 ppm (Pérez, O. 1999)

El rendimiento de azúcar se incrementó por lo menos en 2.8 toneladas/ha cuando se aplicaron dosis de aproximadamente 140 kg. K<sub>2</sub>O/ha (Pérez, O. 1999).

Se observó un incremento consistente en el rendimiento de azúcar cuando se aplicó nitrógeno y potasio en los suelos Andisoles con bajo contenido de potasio. Esto sugiere que el potasio mejora la utilización del nitrógeno por la planta y que el potasio podría ser un factor limitante de la producción en estas áreas (Pérez, O. 1999).

Dosis de 80 a 120 kg. De K<sub>2</sub>O/ha. son recomendables para los suelos de textura gruesa cuando los niveles de potasio intercambiables sean menores de 102 ppm (0.26 meq/100 g de suelo), dependiendo del nivel de producción esperando producto de factores como la temperatura y la radiación solar y otros factores como la disponibilidad de agua de riego (Pérez, O. 1999).

Suelos con potasio intercambiable bajo (> 102 ppm K) pero con mayor potencial de producción y que corresponden a suelos de textura francas con riego responden económicamente hasta dosis de 140 kg. de K<sub>2</sub>O/ha. Esta dosis debe ser menor cuando existan otras limitantes de la producción que dependerá de cada caso en particular. Niveles de potasio intercambiable arriba de 140 ppm en el suelo como sucede en la mayoría de suelos de la región no se recomienda la aplicación de potasio en las condiciones actuales. El nivel crítico de respuesta en estos suelos fue de 102 ppm de potasio. Suelos con niveles de potasio mayores a 140 ppm no respondieron a la fertilización potásica (Pérez, O. 1999).

Sin embargo, el mismo debería considerarse en la plantía en situaciones de mejores precios del azúcar, tal como se indicó para fósforo, para mantener niveles adecuados de potasio en el suelo. La dosis no debería ser más de 40 kg. de K<sub>2</sub>O/ha., en estos casos (Pérez, O. 1999).

**Cuadro 04 Dosis de K (kg de K<sub>2</sub>O/ha) según categorías de K del suelo y textura.**

Categoría K (ppm)	Textura Gruesa *		Textura Mediana	
	Plantía	Soca	Plantía	Soca
< 102	120	70	140	100
102-140	0	0	80	40
> 140	0	0	0/40	0

\* Arena y Arena Franca

Fuente: Pérez, O. (1999).

## 2.17 Características de la variedad de caña a sembrar

La variedad de caña que se van a sembrar para la investigación en la finca el Tempisque presenta las siguientes características:

**CP 722086:** Variedad de caña de azúcar procedente de Canal Point Florida, posee un hábito de crecimiento de tallos semi-erectos con una cantidad de follaje intermedio. Entrenudo de color verde amarillento con manchas negras el cual tiene una forma de crecimiento cilíndrico y ligeramente curvado al costado de la yema. La forma de crecimiento del nudo es obconoidal, yema redonda con alas, de base angosta; anillo de crecimiento protuberante. La vaina posee un desprendimiento de color rosado y quebradizo por el centro. Con lámina foliar de borde aserrado. La aurícula con forma ascendente (Orozco, 2003).

## 2.18 Cloruro de potasio (00-00-60)

El Cloruro de Potasio (KCl) o Muriato de Potasio (MOP) es la fuente de fertilización de Potasio (K) más usada en el mundo. El contenido de Potasio se expresa como equivalente de  $K_2O$  (Óxido de Potasio) o Potasa, el KCl es un fertilizante inorgánico que se obtiene de diversos minerales tales como:

- a) Silvinita: Mineral compuesto principalmente de Cloruro de Potasio (KCl) y Cloruro de Sodio (NaCl), con un contenido de 20% a 30% de  $K_2O$ .
- b) Silvita: Mineral compuesto principalmente de Cloruro de Potasio (KCl), con un contenido de 63% de  $K_2O$ .
- c) Kainita: Mineral compuesto por Cloruro de Potasio (KCl) y Sulfato de Magnesio ( $MgSO_4$ ), con un contenido de 12% a 16% de  $K_2O$ .
- d) Carnalita: Mineral compuesto principalmente de Dicloruro de Magnesio ( $MgCl_2$ ) y Cloruro de Potasio, con un contenido de 9% a 10% de  $K_2O$ . (Repsol, YPF 2003).

### 2.18.1 Efecto del potasio sobre el pH del suelo

El cloruro potásico es una sal neutra, pero puede presentarse como potencialmente acida, ya que el  $K^+$  es absorbido por la planta en mayor cantidad que el  $Cl^-$ . Este anión puede reaccionar con el calcio del suelo formando  $Cl_2Ca$ , muy soluble, que es fuertemente lixiviado, produciéndose una descalcificación de los horizontes superficiales. El  $Ca^{2+}$  desplazando del complejo adsorbente y perdido por lixiviación puede ser sustituido por otros cationes. Como lo sustituye el  $H^+$  el suelo se acidifica.

### 2.18.2 Características físicas y químicas

Nombre Químico: Cloruro de Potasio

Otros Nombres: Potasa, Muriato de Potasa, Muriato de Potasio, Monocloruro de Potasio, ó Sales de Potasa.

Fórmula Química: KCl.

Peso Molecular (g/mol): 74.60

Contenido de Potasio Total ( $K_2O$ ): 60% de Óxido de Potasio (w/w).

Presentación Física: Gránulos esféricos o cristales de color rojo o café laterítico.

Tamaño de partícula: 1.2 a 4.5 mm.

Solubilidad en agua, a 20° C (100 g/100 ml): 34.20 g/100 ml de agua pH en solución al 10%: 5.4 – 10 Unidades.

Densidad Aparente ( $Kg/m^3$ ): 1,025 – 1,200  $Kg/m^3$

Índice de Salinidad: 116.3

Humedad Relativa Crítica (a 30° C): 84.0%

Acidez equivalente a Carbonato de Calcio: Neutro (Repsol, YPF 2003).

### 2.18.3 Comportamiento del potasio en el suelo

A pesar de que la mayoría de los suelos son ricos en Potasio (K), solo una mínima parte (2%) de éste es disponible para la planta. En el suelo existe K no disponible el cual es fuertemente retenido por los minerales primarios del suelo (rocas). El K es liberado en la medida que los minerales se meteorizan o descomponen por acción de la temperatura y humedad. También hay K lentamente disponible el que queda atrapado o fijado en las capas de algunos tipos de arcillas, estas capas de arcilla se contraen o expanden por efecto de la humedad, proceso que permite atrapar los iones de Potasio ( $K^+$ ) haciéndolos lentamente disponibles para la planta (Repsol, YPF 2003).

Existen dos formas de K disponible, una es el K en la solución del suelo (en agua del suelo) y el K intercambiable retenido en las arcillas y la materia orgánica del suelo en forma coloidal. Los coloides del suelo tienen cargas negativas (-) que atraen los cationes como el Potasio ( $K^+$ ) (Repsol, YPF 2003).

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo es determinante para el K disponible, mismos que son retenidos en forma intercambiable (adsorbidos), estos cationes intercambiables están en equilibrio con los presentes en la solución del suelo, a medida que el cultivo remueve K de la solución del suelo, el K intercambiable se libera y repone el K de la solución del suelo. El K es reemplazado por otro catión ( $K^+$ ) en el coloide del suelo con lo cual se mantiene nuevamente en equilibrio, por lo que mediante el proceso de intercambio catiónico, el K está continuamente disponible para el crecimiento del cultivo. El Potasio es prácticamente inmóvil en el suelo, su movimiento hacia el sistema radical del cultivo es por difusión (a través de la película de agua que rodea las partículas del suelo). En suelos arenosos y orgánicos se puede lixiviar, los suelos

arenosos tiene baja capacidad de retención de cationes por lo que el K intercambiable es menor. (Repsol, YPF 2003).

#### **2.18.4 Usos y recomendaciones**

El Cloruro de Potasio (KCl) o Muriato de Potasio (MOP) por su alta concentración de Potasio (60%) es la fuente de aporte de Potasio ( $K_2O$ ) más económica para la mayoría de los cultivos, excepto en los cultivos en donde el follaje (hojas) son de gran valor y no es recomendable la aplicación de Cloro (Tabaco, Crucíferas y Ornamentales). El KCL es un componente básico para la elaboración de fórmulas balanceadas de fertilización (mezclas físicas). (Repsol, YPF 2003).

#### **2.18.5 Compatibilidad y estabilidad en almacenamiento**

El Cloruro de Potasio (KCl) o Muriato de Potasio (MOP) es un producto que presenta una gran estabilidad en períodos prolongados de almacenamiento tanto a granel como envasado, no es sensible a condiciones de alta humedad ambiental y es altamente compatible con todos los fertilizantes (Repsol, YPF 2003).

Aún cuando el KCl o MOP es un producto muy estable en almacenamientos prolongados, es muy importante observar un buen manejo del producto en almacén, preferentemente bajo condiciones adecuadas, es decir en lugares secos, frescos, ventilados y libres de cualquier agente contaminante. (Repsol, YPF 2003).

### III. OBJETIVOS

#### 3.1 GENERAL

Evaluar la respuesta de la caña de azúcar (*S. officinarum*) en toneladas/ha de la variedad CP-722086 en ciclo plantía a la aplicación de cinco dosis de potasio en suelo alfisol.

#### 3.2 ESPECIFICOS

- Determinar la dosis de potasio que produzca un mayor rendimiento en toneladas de caña por hectárea.
- Determinar la dosis de potasio que produzca un mayor rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea.
- Identificar la dosis de potasio que produzca una mayor densidad poblacional.
- Identificar el efecto que produce las cinco dosis de potasio evaluadas sobre los componentes primarios del rendimiento de caña de azúcar.
- Recomendar la dosis óptima económica de potasio en el cultivo de la caña de azúcar de acuerdo al rendimiento.

#### **IV. HIPOTESIS**

1. Las aplicaciones de potasio en estudio en el cultivo de la caña de azúcar en el ciclo de plantía en suelo alfisol incrementará el rendimiento de caña en toneladas/hectárea.
2. Las aplicaciones de potasio en estudio en el cultivo de la caña de azúcar en el ciclo de plantía en suelo alfisol incrementará el rendimiento de azúcar en toneladas/hectárea.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Lugar de realización del estudio:

La evaluación de cinco dosis de potasio en el cultivo de caña de azúcar se llevó a cabo en la administración Ican, de la región Sur Occidental de Guatemala el cual cuenta con las siguientes características:

#### 1.1 Localización:

La investigación se realizó en la finca el Tempisque que pertenece a la administración Ican y se encuentra ubicada en las coordenadas 14°08'27.8" latitud norte y 91°32'44.5" longitud este, respecto del meridiano de Greenwich. (Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, 1969). Ubicado a una altura sobre el nivel del mar de 23 metros.

Esta finca tiene varias vías de accesos, de las que se menciona: al norte por finca las Rosas, al sur por el parcelamiento los Tiestos y al oeste por la comunidad Santa Rita y Parcelamiento Japón Nacional.

#### 1.2 Clima:

Basado en el sistema Holdrige, la administración Ican se encuentra ubicado en la zona de vida bosque húmedo subtropical cálido bh-S(c), en donde el promedio de temperatura es 26.77°C, con una máxima de 30.7°C y una mínima de 22.43° C. Con vientos de 10 km/hr, con dirección predominante del Suroccidente al Noroccidente. La precipitación promedio anual es varía entre 2,136 y 3,327 mm, con una media de 3,284 mm. Los suelos de esta zona de vida son de topografía plana a accidentada. (Cruz, J., 1,982)

#### 1.3 Suelo:

Los suelos que predominan en le área de la administración Ican según la zona de vida que corresponde al bosque húmedo subtropical cálido, son suelos profundos de materiales volcánicos con una textura franco-arcillo predominando las arcillas tipo 2:1 de serie Ix (Ixtan). Son poco profundos en las pendientes inclinadas, que puede presentar un índice de erosión.

El subsuelo a una profundidad de 150 centímetros es franco arcilloso o franco limoso, de color café rojizo, con un pH de 6.5. (Simmons, Ch.; Tarano, J.; Pinto, J., 1,959)

De acuerdo al sistema de clasificación de suelos de FAO/UNESCO, los suelos de ésta localidad pertenecen a los tipos Alfisoles, que son suelos poco

evolucionados, desarrollados a partir de materiales pirolásticos, principalmente de cenizas volcánicas, se caracterizan por tener baja densidad aparente (peso específico aparente), normalmente menor de 0.90 gr./cc, con una minerología dominante de arcillas alofánicas y alta fijación de fosfatos. (Buol; Hole; MacCracken 1,980).

## **2. Material experimental**

Para la evaluación de cinco dosis de potasio se utilizaron los siguientes materiales.

### **2.1 Semilla**

La semilla utilizada para la realización del estudio se obtuvo de finca Monte María de la administración Ican utilizándose la variedad de caña de azúcar CP-722086

#### **2.1.1 Descripción de la variedad CP-722086**

Posee un hábito de crecimiento de tallos semi-erectos con una cantidad de follaje intermedio. Entrenudo de color verde amarillento con manchas negras el cual tiene una forma de crecimiento cilíndrico y ligeramente curvado al costado de la yema. La forma de crecimiento del nudo es obconoidal, yema redonda con alas, de base angosta; anillo de crecimiento protuberante. La vaina posee un desprendimiento de color rosado y quebradizo por el centro. Con lámina foliar de borde aserrado. La aurícula con forma ascendente (Orozco, H. 2003)

### **2.2 Fertilizante**

El fertilizante utilizado para la investigación fue una mezcla física de cloruro de potasio de acuerdo a los tratamientos evaluados.

El Cloruro de Potasio (KCl) o Muriato de Potasio (MOP) es la fuente de fertilización de Potasio (K) más usada en el mundo. (Repsol, YPF 2003).

Es un fertilizante granulado que posee solo el potasio (00-00-60) como elemento activo, lo que equivale a 60 libras de potasio puro. (Repsol, YPF 2003).

También se utilizó una mezcla física de un fertilizante de la siguiente fórmula: 18-46-00 (NPK), el Fosfato Diamónico (DAP), es el fertilizante sólido aplicado directamente al suelo con la más alta concentración de nutrientes primarios 18-46-00, se considera un complejo químico por contar con dos nutrientes en su formulación. (Repsol, YPF 2003).

La dosis aplicada del elemento primario fue en base a la cantidad que se aplica actualmente en la administración, siendo la siguiente: 80 kg./ha de nitrógeno y 80 kg./ha de fósforo.

### 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.1 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó (considerando las condiciones del terreno de la localidad y los tratamientos), correspondió a un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y cinco tratamientos, dichos tratamientos correspondieron a las cuatro dosis de potasio y el testigo, lo cual constituyó un total de 20 unidades experimentales. En el siguiente cuadro, se pueden observar los tratamientos (dosis de potasio) evaluados en la presente investigación.

**Cuadro 05 Dosis de potasio evaluados por cada tratamiento y unidad experimental.**

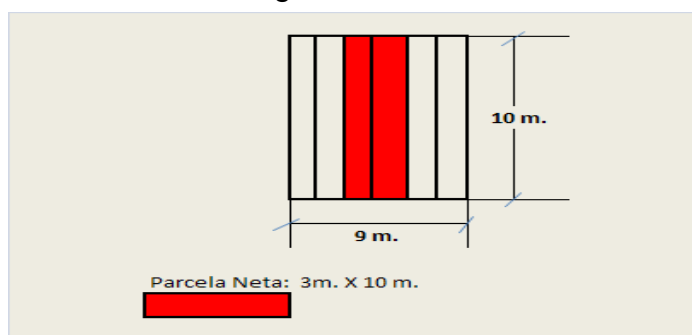
Tratamiento	Dosis de K Kg./ha	Dosis de K/ Unidad Experimental	Total de producto utilizado en kg.
T1	0	0	0
T2	80	0.72	2.88
T3	120	1.08	4.32
T4	160	1.44	5.76
T5	180	1.62	6.48

Fuente: Elaborado por el autor (2013).

#### 3.2 Unidad experimental y aleatorización

Cada unidad experimental estuvo constituida de seis surcos de diez metros de largo cada uno, con un distanciamiento entre surco de 1.5 metros, conformando un área total de 90 m<sup>2</sup>.

La parcela neta estuvo constituida por dos surcos de diez metros de largo, con un distanciamiento de siembra de 1.5 m. entre surcos, que constituyó un área total de 30 m<sup>2</sup>. Para reducir el efecto del borde, se dejó dos surcos en cada lado, como se puede observar en la figura uno.



**Figura 01: Dimensiones de la unidad experimental**  
**Fuente: El autor (2013)**

Estas dimensiones generales, se determinaron tomando en cuenta, los protocolos de investigaciones anteriores sobre aplicaciones de macro elementos en el cultivo de la caña de azúcar, además, al reducir el tamaño de cada unidad experimental y aumentar el número de repeticiones, se reduce la variación y se aumenta la precisión del experimento. Por el mismo motivo, la longitud de cada unidad experimental se orientó en dirección de la pendiente.

Dentro de cada una de las repeticiones o bloques, se distribuyeron los cinco tratamientos, utilizando el método de distribución al azar. Cada bloque tuvo conformado por las siguientes dimensiones 45 m. x 10 m. (450 m<sup>2</sup>), dejándose entre cada bloque, un distanciamiento de 1 m. Por lo que el área total del experimento fue de 1980 m<sup>2</sup> (495 m x 4 m), como puede observarse en la figura 15 de los anexos.

La distribución al azar, de los tratamientos, dentro de cada bloque, se llevó a cabo en forma individual para cada bloque, como puede observarse en figura 15 de los anexos.

### **3.3 Análisis de varianza de las variables experimentales**

El análisis estadístico de las variables rendimiento en toneladas de caña de azúcar por hectárea y libras de azúcar por hectárea se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANDEVA).

Las variables población de tallos, número de entrenudos de los tallos, altura promedio de los tallos y diámetro promedio de los tallos, se les llevó a cabo un análisis de varianza (ANDEVA) para un diseño de Bloques al Azar.

Para realizar el ANDEVA de las variables: población de tallos, número de entrenudos por tallo, los valores obtenidos fueron transformados mediante la fórmula:

$$Y = \sqrt{X}$$

Donde "X" corresponde al valor observado en el campo.

El ANDEVA de cada una de las variables evaluadas de los componentes primarios del rendimiento, así como el de las variables rendimiento, se realizó por medio del programa SAS (Statistical Analysis System) Sistema de Análisis Estadístico). Para lo cual, se tabularon los datos de las variables, de cada una de las variables en estudio. Estos datos fueron tabulados en hojas electrónicas del Programa Microsoft Excel.

El modelo estadístico de diseño fue el siguiente (Reyes, P., 1,990):

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

- $Y_{ij}$  = Valor del carácter estudiado en la prueba con la  $i$ -ésima variedad en la  $j$ -ésima repetición.  
 $\mu$  = Media general alrededor de la cual oscilan los valores de todas las observaciones.  
 $\alpha_i$  = Efecto del tratamiento  $i$ .  
 $\beta_j$  = Efecto del bloque  $j$ .  
 $\varepsilon_{ij}$  = Error experimental, variación debida al azar ó variación de muestreo (causas no pertinentes) y es considerado  $\sigma^2$  (varianza)

### 3.4 Comparación múltiple de medias

En los casos en los que existió diferencia significativa (5%) ó altamente significativa (1%) entre tratamientos, de acuerdo al ANDEVA de cada uno de las variables en estudio, se llevó a cabo una comparación múltiple de medias, para lo cual se efectuó la Prueba de Tukey, con el fin de determinar el mejor tratamiento (dosis de potasio en estudio).

El comparador de Tukey, se calculó de la forma siguiente (Reyes, P., 1,990):

$$w = q_{\alpha} (P, n_2) S_{\bar{X}}$$

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{(S^2/n)}$$

En donde:

- $W$  = Valor utilizado para probar la significancia de la diferencia observada entre medias de rendimiento.  
 $S_{\bar{X}}$  = Error estándar de la media.  
 $S^2$  = Varianza del error experimental (Cuadrado medio del error).  
 $n$  = Número de repeticiones.  
 $q$  = Valor tabular, que es un valor de  $t$ .  
 $\alpha$  = nivel de significancia.  
 $P$  = Número de tratamientos.  
 $n_2$  = Grados de libertad del error experimental.

## 4. Manejo Agronómico del experimento

El manejo que se le realizó al experimento, se basó en el programa para el cultivo de caña de azúcar, de acuerdo al modelo utilizado por parte del ingenio Magdalena siendo estas las siguientes.

## **4.1 Preparación del suelo**

Las labores de preparación del suelo, previo a la siembra de caña, en el área del experimento, se realizaron de forma mecanizada, siendo los siguientes pasos de maquinaria.

### **4.1.1 Rome plaw**

Esta labor se realizó después de tener el suelo libre de malezas y escombros y consistió en voltear el suelo a una profundidad de 30 centímetros para realizar la primera práctica. Con este implemento se obtiene el suelo desterronado, mullido, fácil para labrar y rastrear. Se realizó un segundo paso de romeplaw después de realizar el paso de subsuelo, esto con el objetivo de mezclar y romper terrones de tierra.

### **4.1.2 Subsulado**

Esta actividad consistió en romper la capa dura del suelo a 0.60m de profundidad, dejándolo listo para la segundo proceso de preparación del suelo el cual fue el paso del romeplaw.

### **4.1.3 Rastra**

Se realizó dos pasos de rastra para dejar bien mullido el suelo para poder sembrar.

### **4.1.4 Surqueo**

Finalmente se realizó el surqueo del área a un distanciamiento de 1,5 metros entre surcos.

## **4.2 Muestreo de suelo**

Se realizó el muestreo de suelo para determinar la cantidad de los nutrientes disponibles en el suelo del área de la evaluación de dosis de potasio.

Previo a la siembra se obtuvieron diez submuestras de suelo del área de estudio, la forma de recolección de las submuestras se puede apreciar en la figura 03 de los anexos.

Se realizó la homogenización de las submuestras para obtener una muestra de un kilogramo el cual se seco bajo sombra, se etiquetó y se llevó al laboratorio para el análisis respectivo.

Cuadro 06 Resultados del Muestreo de suelo de dos horizontes.

Elemento		CONCENTRACION ppm. (p/v)		RANGO ADECUADO ppm. (p/v)
		HA	HB	
Amonio en KCl	N-NH4	4.3	7	**
Nitrato en KCl	N-NO3	16.5	15	**
Fosforo Olsen Mod.	P	< 10	< 10	30-75
Fosforo	P	< 10	<10	30-75
Potasio	K	344	279	300-500
Calcio	Ca	3140	3180	2000-3000
Magnesio	Mg	781	739	250-500
Azufre	S	8.6	17.9	10-100
Boro Ext. Agua Caliente	B	< 0.2	<0.2	**
Cobre	Cu	7.6	7.1	1 al 7

\*\* No se tienen datos del rango adecuado para este elemento

Fuente: Laboratorio Soluciones Analíticas (2013).

En el cuadro anterior se aprecia los resultados del muestreo de suelo realizado en el área de la evaluación de potasio, tomando una muestra a una profundidad de cero a 20 centímetros y la otra muestra a una profundidad de 20 a 40 centímetros.

### 4.3 Trazo

Se delimitó el área del experimento de acuerdo a cada tratamiento evaluado y según el diseño estadístico propuesto el cual fue bloques completamente al azar. Las dimensiones totales del experimento fueron de 43 m. de largo por 45 m. de ancho (1935 m<sup>2</sup>). Cada bloque tuvo un largo de 10 m. por 45 m. de ancho (450 m<sup>2</sup>), las cuales fueron separadas entre bloque por un metro de distancia y señalizadas con estacas de bambú. Dentro de los bloques se ubicaron cada una de las unidades experimentales señalizadas con estacas de bambú.

Para la realización de esta labor fue necesario utilizar cinta métrica, machetes, estacas de bambú y pita de nylon.

### 4.4 Siembra

Para la realización de la siembra de caña de azúcar en las unidades experimentales se realizó lo siguiente:

#### 4.4.1 Estaquillado

Las estacas utilizadas en el estaquillado para la siembra fueron pintadas de las puntas de cada una de ellas, y con ello asegurar así, un buen trazado del

estaquillado para distribuir mejor la semilla. Cada línea de estaquillado se trazó a cada 20 surcos de distancia lo equivalente a 30 metros.

Según los resultados obtenidos en los muestreos de calidad de semilla se tomó la decisión de estaquillar a una distancia de seis metros, y sembrar a cadena triple con el objetivo de obtener 20 yemas por cada metro lineal.

#### 4.4.2 Corte de semilla

Para el corte de la semilla los tallos de caña fueron cortados de arriba hacia abajo, dejando en campo los esquejes enraizados, realizando el corte de ficha, evitando así la proliferación de enfermedades en el esqueje y el daño de las yemas.

En cuanto al corte del esqueje se exigió un rango de 0.55 – 0.65 metros de largo, llegando a obtener un promedio de 0.58 metros de largo en promedio.

El amarrado de los paquetes se realizó con doble hoja de caña de azúcar, exponiéndolos al sol antes del amarre, para evitar así al momento del traslado, el desamarre de los paquetes.

#### 4.4.3 Carga y Descarga de la Semilla

Se realizó la supervisión de la carga en el camión de los paquetes de semilla en el área de semillero con el objetivo de no dañar los paquetes y el amarre al momento de realizar la actividad, y no sobrecargar en el transporte.

#### 4.4.4 Muestreo de Calidad de la semilla

Antes de la siembra se realizó el muestreo de calidad de semilla a los paquetes que se distribuyeron a nivel de campo para ello se muestrearon un total de 12 paquetes y se tomaron en cuenta las siguientes variables: yemas totales, yemas viables, yemas dañadas por rata, yemas dañadas barrenador, yemas dañada mecánico, yemas lalreadas.

**Cuadro 07 Resultados del muestreo de calidad de semilla para la variedad CP72-2086 y las variables a tomar en cuenta.**

<b>Variedad</b>	<b>CP72-2086</b>	<b>Porcentaje</b>
Edad	10.5 meses	
Yemas Totales	135	100
Yemas Viables	120	88.88
Yemas dañada rata	2	1.48
Yema dañada barrenador	0	0
Yema dañada mecanico	9	6.66
Yema lalreada	4	2.96
		100

Fuente: El autor (2013).

En el cuadro anterior se encuentran los resultados de los promedios de los 12 paquetes muestreados, para determinar la calidad de la semilla que se sembró para la evaluación.

#### 4.4.5 Siembra

Se distribuyeron los paquetes sobre las calles de cada surco, dejando un paquete cada seis metros entre cada uno, específicamente en cada estaca de referencia que se dejó en el estaquillado. Posteriormente se fue distribuyendo los esquejes dentro del surco en cadena triple sin traslape.

Posterior a ello se realizó el tapado de los esquejes asegurando de llenar con una capa aproximada de cinco centímetros de tierra, tomando tierra de las dos mesas próximas al surco sembrado.



**Figura 02 Tapado de semilla del área de la evaluación.**

Fuente: El autor (2013).

#### 4.5 Control de malezas

Para el control de malezas en el área del experimento se realizaron tres aplicaciones de herbicida el cual estuvieron constituidas de la siguiente manera.

1. Control de malezas en pre-emergencia.
2. Control de malezas parchoneo.
3. Control de malezas en primera aplicación.

El control de las malezas en pre-emergencia se llevó a cabo a los cuatro días después de la siembra de caña de azúcar, realizando para ello aplicación de herbicidas de acción pre-emergente para la maleza, la cual se describe en el siguiente cuadro.

**Cuadro 08 Mezcla uno preemergencia para control de malezas.**

	Producto	Ingrediente	Dosis	Costo/Unidad	Costo/Ha
1era. MEZCLA	Full acid	Corrector de pH	0.10 litros/ha	Q 18.04 L.	Q 1.80
	Pentamins	Corrector de dureza	0.15 kg./ha	Q 66.31 Kg.	Q 9.95
	Plateau 70 DG	Imazapic	175 gr./ha	Q 2.24 Gr.	Q 391.48
	Harness 50 EC	Acetoclor	3 litros/ha	Q54.78 L.	Q 164.34
	Wetargo	Adherente	0.30 litros/ha	Q 27.15 L.	Q 8.14
				Costo Total/Ha	<b>Q 575.71</b>

Fuente: El autor (2013).

En la mezcla anterior se utilizó el producto para el control de malezas de semilla de hoja angosta (Imazapic) y para malezas de hoja ancha (Acetoclor), en preemergencia. El costo total de la mezcla realizada fue de Q 575.71, describiendo en el siguiente cuadro el costo de mano de obra para la aplicación.

**Cuadro 09 Costos de aplicación de la primera mezcla en preemergencia.**

DESCRIPCION PUESTOS		COSTO MAQUINARIA		Costo Material	Costo/ Has	Costo/To
Descripcion Puestos	Valor/Has	Hrs/Has	Valor/Has	Valor/Has		
Tractorista	Q 4.15	0.20	Q 29.04	Q 575.71	688.53	Q 5.74
Peon presion constante	Q 64.00	Tanque nodriza	Q 3.23			
Peon llenador	Q 3.70					
Caporal	Q 4.15					
Supervisor	Q 4.55					
Total	Q 80.55		Q 32.27	Q 575.71		

**Fuente: El autor (2013).**

El cuadro nueve detalla el valor real de la aplicación de herbicida incluyendo la mano de obra y el costo total de los insumos utilizados. Por lo tanto, el costo total por hectárea de la aplicación de herbicida en preemergencia de la mezcla uno es de Q688.53.

#### **4.6 Control de plagas**

En el cultivo de la caña de azúcar existen tres plagas de mayor importancia económica, las cuales atacan las plantaciones de caña de azúcar disminuyendo la producción en tonelajes de caña y en libras de azúcar por hectárea, las cuales son la rata cañera (*Sigmodonhispidus*) el barrenador de la caña de azúcar (*Diatraeasp.*) y la chinche salivosa (*Aeneolamiasp.*) La distribución geográfica de estas tres plagas es a nivel mundial, en donde se cultive la caña de azúcar.

A los treinta días después de la siembra se realizó el primer monitoreo de roedores para determinar la intensidad de infestación de roedores en el área. Para ello se realizó la colocación de cebos a una dosis de 0.05 kg./ha, lo cual corresponde a cinco bolsitas de cebo (Rod-Mag).

Cada bolsita se colocó de forma estratificada utilizando el método al tresbolillo, colocando una bolsita en los primeros seis surcos del área, a una distancia de la calle hacia adentro de la caña de cinco metros, la siguiente bolsita se colocó a 95 metros y la próxima a 100 metros hasta salir hacia la otra calle.

La siguiente bolsita se colocó a 28 surcos desde el primer surco a una distancia de 100 metros hacia adentro de la caña hasta salir hacia la calle.

Del monitoreo se obtuvieron resultados de 75 ratas/ha, por lo tanto fue necesario realizar aplicaciones para el control de roedores. La dosis utilizada fue de dos kilogramos de mata-rata por hectárea, distribuyendo los cebos a cada cuatro surcos (6.5 m.) y un distanciamiento entre cebos de 16.66 metros desde la orilla de la calle.

Se realizaron controles para la plaga del barrenador (*Diatraea nr. crambidoides*) en el cultivo de la caña de azúcar, para lo cual se realizó el monitoreo de corazón muerto realizando para el efecto cinco puntos de muestreo por hectárea, determinando tallos dañados por barrenador y entrenudos barrenados. Los resultados de los muestreos realizados determinaron que la intensidad de infestación del barrenador era de 1.2 larvas por tallo, por lo tanto, fue necesario realizar un entresaque para reducir la intensidad de infestación.

Se realizaron controles para la plaga de la chinche salivosa (*Aeneolamia postica*) en caña de azúcar, para ello se colocaron trampas de monitoreo colocando dos trampas por hectárea y trampas para de control de chinche colocando 100 trampas por hectárea. Los monitoreos semanales de chinche determinaron que se tenía presencia de 0.9 ninfas por tallo por lo tanto fue necesaria la colocación de trampas de control.

#### **4.7 Riego**

Para la aplicación de riego para el cultivo de la caña de azúcar en el ensayo se realizó con el sistema de mini aspersión, utilizando para el efecto aspersores de la marca NDJ con reguladores de presión de la marca Nelson con una presión de 40 PSI y una descarga de agua de 4.4 galones/minutos.

Para hacer funcionar los aspersores se utilizaron motores que se colocaron de acuerdo a la capacidad de caballos de fuerza de cada uno y va en función del área de aplicación de riego, para que cubra el área diseñada para cada motor.

El agua utilizada fue de lagunas que pertenecen a la misma finca donde se realizó la investigación.

El área de aplicación de agua de los aspersores es de 0.0216 hectáreas, teniendo una frecuencia de riego de ocho a nueve días, que fue en función del área de aplicación de riego.

La lámina bruta fue de 65 mm al día y una lámina neta de 45 mm promedio. La evapotranspiración del cultivo fue de 5.5 mm por día.

#### **4.8 Fertilización**

El proceso de fertilización en el área del experimento se realizó en tres etapas:

- Fertilización al momento de la siembra ( Al voleo)
- Fertilización a los 45 días después de la siembra (Mecanizado)
- Fertilización a los 170 días después de la siembra( Aérea)

#### 4.8.1 Fertilización al momento de la siembra (Al voleo)

Se realizó la primera aplicación del fertilizante al momento de la siembra distribuyéndolo al fondo del surco de forma manual utilizando una fórmula física de 18-46-00 con una dosis de 172.72 kg./ha., lo que equivale a 31.09 kg. de nitrógeno por hectárea y 79.45 kg. de fósforo por hectárea.



**Figura 03: Fertilización manual de cada uno de las unidades experimentales de los tratamientos evaluados.**

Fuente: El autor (2013).

De igual manera se realizó la aplicación de la dosis de potasio de los distintos tratamientos al momento de la siembra. El fertilizante utilizado para el efecto fue el cloruro de potasio (00-00-60). La dosis utilizada fue de acuerdo a los tratamientos evaluados. Los fertilizantes se mezclaron de acuerdo a cada tratamiento descrito y fue aplicada al fondo del surco de forma manual.

#### 4.8.2 Fertilización a los 45 días después de la siembra (Forma Mecanizada)

A los 45 días se realizó la segunda fertilización de forma mecanizada utilizando para el efecto urea (46% N). La dosis fue complementaria siendo para el efecto 68.91 kilogramos de nitrógeno puro.

#### 4.8.3 Fertilización a los 170 días después de la siembra (Forma Aérea)

A los 170 días promedio después de la siembra se realizó la fertilización de complemento, que en este caso fue aérea.

Los productos utilizados contenían elementos menores que en su mayoría fueron boro, zinc, fósforo y cobre. La dosis utilizada fue de tres litros por hectárea de fertilizante foliar.

### 4.9 Muestreo foliar

A los cinco meses después de la cosecha se realizó el muestreo de tejido a cada parcela de los tratamientos evaluados. El análisis de tejido foliar es un método complementario del análisis de suelos para determinar los nutrientes que están siendo absorbidos por la planta durante el desarrollo fisiológico.

La toma de las muestras se realizó en las parcelas netas de cada tratamiento evaluado tomando cinco hojas que correspondan a la primera con cuello visible, también conocida como hoja TVD (Figura 4).

Una vez recolectadas las hojas de cada tratamiento se eliminó de cada una los tercios superior e inferior dejando para envío sólo el tercio medio, aproximadamente 40 cm (Figura 4). Inmediatamente se eliminó la vena central de cada muestra. Se conformó un paquete con las láminas foliares y se amarraron en los extremos. Se marcaron con una etiqueta con la información exigida por el laboratorio.



**Figura 04** Obtención de las hojas para el análisis foliar.

Fuente: Laboratorio Soluciones Analíticas (2013).

#### **4.10 Aplicación de madurante**

A los nueve meses después de la siembra se realizó la aplicación de madurante al área de evaluación. Para esto se utilizó un madurante no herbicida y el producto comercial fue el denominado Moddus con una dosis de 1.20 litros/ha. mas un corrector de pH (Uniestab) y un encapsulador (Biver) ya que la aplicación del madurante fue aérea.

La aplicación del madurante se realizó en horas de la mañana (6:00 a.m. a 9:00 a.m.), para evitar la hora de mayor temperatura y aumento del viento.

#### **4.10 Cosecha**

Esta se realizó cuando la caña llegó a su madurez fisiológica que fue de diez meses después de la siembra. Las plantas de caña de cada unidad experimental principiaron a amarillarse demostrando que estaba llegando a su madurez fisiológica.

## 5. Variables evaluadas

- Rendimiento toneladas de caña por hectárea (TCH).
- Rendimiento toneladas de azúcar por hectárea (TAZH).
- Población de tallos (Número de tallos /metro lineal).
- Altura de tallos (Metros).
- Diámetro de tallos (Centímetros).
- Número de entrenudos de los tallos.

## 6. Toma de datos

El rendimiento en toneladas de caña por hectárea (TCH), de las dosis de potasio evaluadas, se determinó tomando en cuenta el peso total obtenido en cada unidad experimental y luego por regla de tres se determinó el rendimiento por hectárea. La fórmula utiliza fue la siguiente: (Pérez; Montepeque; Gómez., 2005)

Rendimiento (TCH) = (10,000 x peso (ton.) de las parcelas) / área total de las parcelas



**Figura 05 Toma de datos de toneladas de caña por hectárea de los tratamientos evaluados.**

**Fuente: El autor (2013).**

El rendimiento en toneladas de azúcar de caña por hectárea (TAZH), de las dosis de potasio evaluadas, se determinó en base a los resultados obtenidos a nivel de laboratorio. Se tomaron en cuenta las muestras de caña que se obtuvieron de cada parcela neta en estudio para determinar las toneladas de azúcar que se obtuvieron durante el ensayo. Dichas muestras fueron llevadas al laboratorio para realizar el análisis respectivo.

La población de tallos se determinaron a los 30 días después de la siembra, después se realizó un segundo muestreo a los 60 días, 90 días un tercer muestreo a los 120 días un cuarto muestreo y a los 180 días un quinto muestreo de población de tallos. Se tomaron en cuenta únicamente, las plantas que se encontraron ubicadas dentro de la parcela neta.



**Figura 06: Conteo de tallos de los tratamientos evaluados.**

**Fuente: El autor (2013).**

En lo que respecta a la altura de planta de caña de azúcar, esta variable se determinó en metros, tomados desde la base del suelo hasta la lígula entre la última hoja y la penúltima hoja verdadera. Esta variable se determinó desde los 60 días después de la siembra hasta los 210 días después de la siembra, tomando en cuenta únicamente las plantas que se encontraban dentro de la parcela neta al momento de las mediciones.

Para determinar el número de entrenudos de los tallos de caña de azúcar, se tomaron en cuenta todos los entrenudos que presentaban los tallos desde los 90 días después de la siembra hasta los 210 días después de la siembra, tomando en cuenta únicamente, las plantas que se encontraron dentro de la parcela neta, al momento de las mediciones.

El diámetro de los tallos de caña de azúcar se determinó de acuerdo a los muestreos realizados en las parcelas netas de cada tratamiento evaluado. Con el apoyo de un vernier, se tomaron las mediciones de los diámetros de los tallos a una altura de cinco entrenudos que correspondieron aproximadamente 75 cm. tomando la medida al ras de suelo. Las mediciones se realizaron a los 60 días después de la siembra, a los 90 dds., a los 120 dds. y por último a los 210 dds.

Si algún tratamiento en estudio presenta diferencia significativa, se procede a realizar la estimación de las dosis óptimas económicas de K mediante el modelo de regresión. Para hacer los cálculos se usan los precios promedios de:  $K_2O = Q 4.28$  por kg. y Azúcar en campo =  $Q 570.00$  por tonelada. (Q= quetzales que es la moneda oficial de Guatemala).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Determinación de la dosis de potasio que produzca mayor rendimiento en toneladas de caña por hectárea

Al finalizar el corte de caña se realizó la medición del peso en toneladas por cada parcela de los tratamientos evaluados, esto se realizó con una romana analítica, la que fue enganchada en una alzadora para pesar los bultos de caña realizada en campo. En el siguiente cuadro se puede apreciar los resultados obtenidos de rendimiento en toneladas de caña por hectárea.

**Cuadro 10 Rendimiento en toneladas de caña por hectárea de acuerdo a los tratamientos evaluados.**

Tratamientos	Bloque I	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Sumatoria	Medias
1	65.22	121.17	108.28	110.06	404.73	101
2	86.89	104.56	112.33	119.56	423.34	106
3	87.5	110.17	101.67	104.22	403.56	101
4	98.39	95.33	103.72	89.44	386.88	97
5	99.61	104.5	88.06	81.72	373.89	93

Fuente: El autor (2013).

Según los resultados obtenidos en toneladas de caña por hectárea las medias demuestran que el tratamiento cinco que correspondió a 180 kilogramos de potasio por hectárea fue el de menor rendimiento (93 ton./ha), siendo el tratamiento dos, el que correspondió a 80 kilogramos de potasio, presentó mayor rendimiento (106 ton./ha). En la siguiente grafica se muestra los rendimientos que presentaron los tratamientos.



**Figura 07: Rendimiento en toneladas de caña por hectárea de acuerdo a los tratamientos evaluados.**

Fuente: El autor (2013)

Se puede observar en la figura siete que el tratamiento dos produjo mayor rendimiento en toneladas de caña por hectárea, teniendo al tratamiento uno y tratamiento tres resultados similares en cuanto a rendimiento de caña (101 ton./ha), por lo tanto fue necesario realizar el análisis de varianza (ANDEVA), para los tratamientos evaluados del diseño bloques completamente al azar, para determinar cuál de los tratamientos demuestra estadísticamente significancia como se observa en el siguiente cuadro.

**Cuadro 11 ANDEVA realizado para la variable rendimiento en toneladas de caña/ha. (5% de significancia).**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F
Tratamientos	4	355.547	88.887	0.521	0.724
Bloques	3	1075.484	358.495	2.100	0.153
Error	12	2048.125	170.677		
Total	19	3479.156			

Fuente: El autor (2013).

De acuerdo al análisis de varianza, para un diseño bloques completamente al azar, realizado a la variable rendimiento de toneladas de caña por hectárea, no existe diferencia significativa entre cada tratamiento evaluado, debido a que la probabilidad ( $P > F$ ) es mayor que 0.05, lo cual indica que estadísticamente los tratamientos evaluados son iguales, ya que no se obtuvo diferencia significativa sobre la variable en estudio, ratificando los resultados obtenidos en la investigación realizada por Ovidio Pérez (2001) en el que señala que se obtiene significancia en los rendimientos cuando el contenido de potasio en el suelo se encuentra menor de 102 ppm.

Una de las características del potasio es la inmóvilidad en el suelo, su movimiento hacia el sistema radicular del cultivo es por difusión. Por ser suelos arcillosos, suelos pesados correspondientes al orden alfisol, el crecimiento radicular se ve afectado por la poca porosidad que existe en esos suelos, por lo cual las raíces del cultivo no profundizaron lo necesario para obtener los nutrientes aplicados en el suelo.

A diferencia de lo antes expuesto se obtuvo un coeficiente de variación para la evaluación de aplicación de potasio en el cultivo de la caña de azúcar de 13.11 %, por lo que se considera que el experimento fue adecuadamente manejado al ser este valor menor al 20 %.

## 6.2 Determinación de la dosis de potasio que produzca mayor rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea

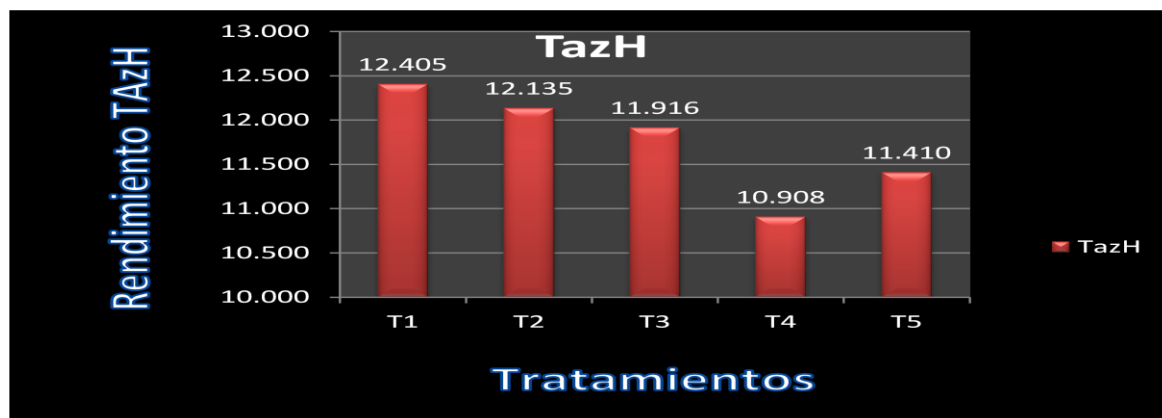
Para determinar el rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea se extrajeron muestras de caña al momento del corte de cada parcela evaluada, las cuales se llevaron al laboratorio del ingenio Magdalena para el análisis correspondiente. Los datos obtenidos se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 12: Resultados obtenidos sobre la variable toneladas de azúcar/ha de los tratamientos evaluados.**

Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Sumatoria	Medias
1	7.95	15.55	12.82	13.31	49.62	12.405
2	8.48	13.12	13.90	13.04	48.54	12.135
3	11.13	12.81	12.91	10.82	47.66	11.916
4	11.50	12.63	8.59	10.91	43.63	10.908
5	12.88	11.54	10.03	11.20	45.64	11.410

Fuente: El autor (2013).

Según los datos obtenidos a nivel de laboratorio se pueden apreciar en los resultados de las medias, que no existe mayor variación entre cada uno de los tratamientos evaluados sobre la dosis de potasio aplicada al cultivo de caña de azúcar, en la siguiente grafica se puede detallar el comportamiento de los resultados obtenidos.



**Figura 08: Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea de acuerdo a los tratamientos evaluados.**

**Fuente: Laboratorio de calidad, Ingenio Magdalena (2013).**

Como se observa en la figura ocho los tratamientos que produjeron un mayor rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea fueron los tratamientos uno y dos, obteniendo un menor rendimiento los tratamientos cuatro y cinco, entonces, es necesario realizar un análisis estadístico para el diseño bloques completamente al azar para determinar la significancia entre cada tratamiento evaluado.

**Cuadro 13 ANDEVA realizado para la variable rendimiento toneladas de azúcar/ha (5% significancia).**

Fuentes de Variacion	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F
Tratamientos	4	5.72876	1.43219	0.3695	0.827
Bloques	3	18.902832	6.300944	1.6257	0.235
Error	12	46.510986	3.875916		
Total	19	71.142578			

**Fuente: El autor (2013).**

De acuerdo a los resultados obtenidos y el análisis de varianza (ANDEVA) para la variable rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea, no existe diferencia significativa entre cada tratamiento evaluado, debido a que la probabilidad ( $P > F$ ) es mayor que 0.05, lo cual indica que todos los tratamientos evaluados son iguales, atribuyéndose esto al comportamiento que presenta el potasio en el suelo el cual es lentamente disponible en el suelo por lo que queda atrapado o fijado en las capas de algunos tipos de arcillas presente en los suelos y específicamente del orden alfisol, las que se contraen o expanden por efecto de la humedad del suelo, proceso por el cual permite atrapar los iones de potasio ( $K^+$ ) haciéndolos lentamente

disponibles para las plantas de caña de azúcar que son altamente demandantes de los nutrientes necesario para el desarrollo fisiológico.

El coeficiente de variación para la evaluación de aplicación de potasio en el cultivo de la caña de azúcar fue de 16.76 % por lo que se considera que el experimento fue adecuadamente manejado, en vista que es menor de 20 %.

### 6.3 Determinación del efecto del potasio sobre la dinámica de población de tallos en el cultivo de caña de azúcar.

En la investigación se realizaron conteo de tallos de cada parcela evaluada tomando en cuenta la parcela neta para realizar los conteos respectivos, en donde se determinó la dinámica de la población, para determinar el efecto que produjo el potasio sobre el crecimiento y desarrollo de los tallos. Para esto fue necesario realizar un muestreo a los 30 días para determinar el porcentaje de germinación, para tener un parámetro sobre la germinación de los tallos y esperar una población de tallos adecuada. Para determinar el porcentaje de germinación se utilizó la siguiente fórmula (Quintero, D. 1995):

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{Número total de yemas germinadas}}{\text{Número total de yemas sembradas}} \times 100$$

En el cuadro catorce se pueden observar los resultados obtenidos, de la variable porcentaje de germinación, de acuerdo a los muestreos realizados específicamente a los 30 días después de sembrada la caña de azúcar y durante el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar.

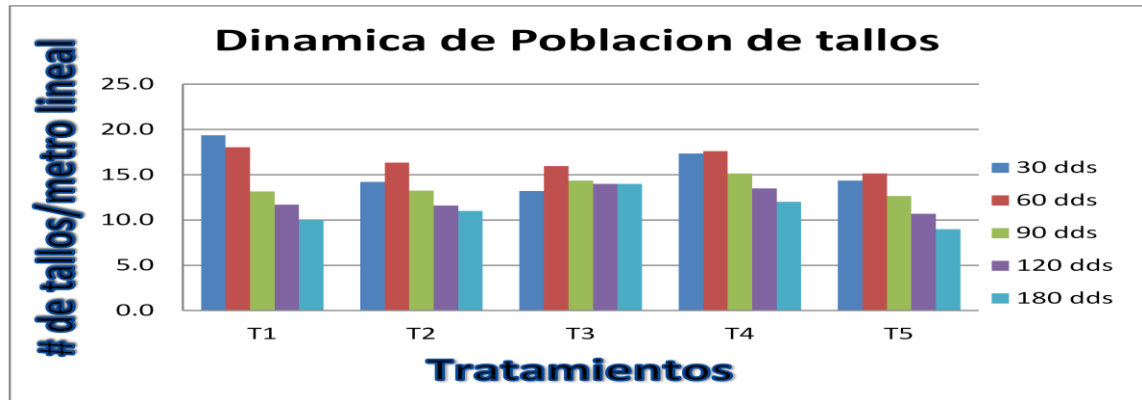
**Cuadro 14 Resultados obtenidos del porcentaje de germinación de cada tratamiento evaluado.**

	T1	T2	T3	T4	T5
Bloque I	85	68	73	89	73
Bloque II	115	93	80	95	74
Bloque III	100	63	50	83	73
Bloque IV	87	60	61	80	67
<b>Sumatoria</b>	<b>387</b>	<b>284</b>	<b>264</b>	<b>347</b>	<b>287</b>
<b>Promedio %</b>	<b>96.75</b>	<b>71</b>	<b>66</b>	<b>86.75</b>	<b>71.75</b>

**Fuente: El autor (2013).**

Según los resultados obtenidos se puede observar que el tratamiento uno obtuvo un mayor porcentaje de germinación con relación a los demás tratamientos, teniendo al tratamiento cuatro con un 86.75 % de yemas germinados por metro lineal. Esto da la pauta que el tratamiento uno estuvo entre 18 a 19 tallos germinados por metro lineal y el tratamiento cuatro tuvo 17 a 18 tallos germinados por metro lineal.

En la siguiente figura se puede observar la dinámica de población durante el desarrollo vegetativo del cultivo de caña de azúcar durante 180 días después de la siembra.



**Figura 09: Dinámica de población de tallos/metro lineal de los tratamientos evaluados.**  
Fuente: El autor (2013).

En la figura nueve se puede observar el comportamiento de la población de tallos durante el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar. Siendo el tratamiento tres que presentó mayor cantidad de tallos por metro lineal (14 tallos/metro lineal), teniendo como promedio a los 180 días, de nueve a diez tallos por metro lineal para los tratamiento uno y cinco. A los 180 días los tratamientos tres y cuatro tuvieron un total de tallos 14 por metro lineal.

De acuerdo a la cantidad de yemas sembradas que corresponde a 20 por metro lineal se obtuvo a los 180 dds en el tratamiento tres 14 tallos, siendo mayor que los tratamientos uno y cinco, esto debió a que los tallos de caña de azúcar ejercen competencia de espacio, de luz solar, de nutrientes disponible en el suelo y de humedad.

Debido a que los resultados de los muestreos de población de tallos estuvieron muy variados fue necesario realizar el análisis de varianza (ANDEVA), para el diseño bloques al azar, para determinar la significancia entre los tratamientos.

**Cuadro 15 ANDEVA de los resultados obtenidos de dos muestreos de población de tallos.**

	Primer Muestreo (C.V.= 4.964%)			Segundo Muestreo (C.V.= 4.355%)		
	CM	F	P>F	CM	F	P>F
<b>Tratamiento</b>	2.075714	10.90002	0.001 *	0.428345	2.7362	0.079 N.s.
<b>Bloque</b>	1.243286	6.5288	0.007	0.737956	4.714	0.021
<b>Error</b>	0.19043			0.156545		

\* Significancia

N.S. No existe significancia

Fuente: El autor (2013).

En el cuadro quince se aprecian los resultados obtenidos del análisis de varianza, para los tratamientos evaluados de dos muestreos de población de tallos. Se aprecia que en el primer muestreo se obtuvo significancia al 5% sobre población de tallos a diferencia del segundo muestreo que no presenta significancia. Los resultados del tercer y cuarto muestreo se aprecian en los cuadros de los anexos adjuntos, el cual no presentan diferencias significativas en cuanto determinar que el potasio ejerció influencia en el número de tallos que presentaban cada tratamiento evaluado.

## 6.4 Determinación del efecto del potasio sobre los componentes primarios del rendimiento en el cultivo de caña de azúcar.

### 6.4.1 Diámetro

Se realizaron cuatro muestreos sobre diámetro de la caña de azúcar durante el desarrollo vegetativo. Los muestreos se realizaron a cada 30 días utilizando un vernier que marcaba el diámetro de los tallos de caña en centímetros.

Las lecturas se realizaron en cada tratamiento de las parcelas netas, obteniendo un promedio general que se puede apreciar en la siguiente figura.

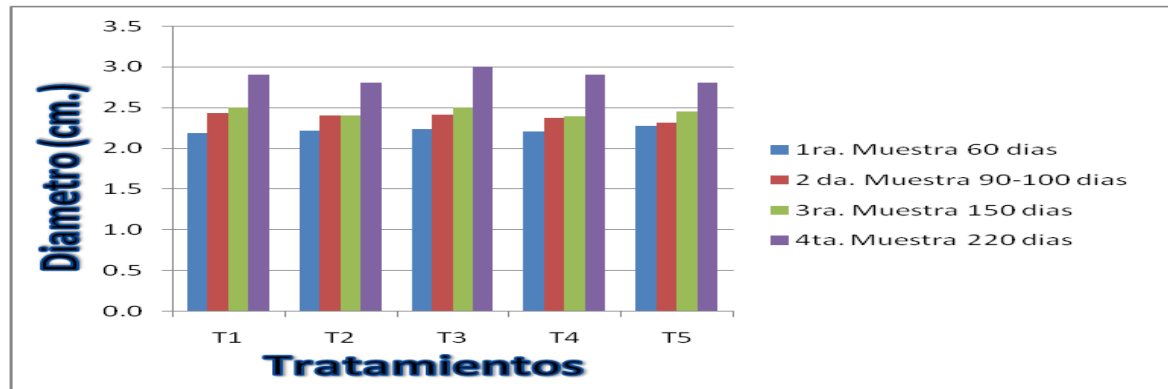


Figura 10: Resultados de cuatro muestreos de diámetro de tallos de los tratamientos evaluados.

Fuente: El autor (2013).

El tratamiento tres tuvo mayor diámetro de tallos que los demás tratamientos, el tratamiento uno y cuatro presentaron resultados similares en cuanto a diámetro. Por lo que fue necesario realizar el análisis de varianza (ANDEVA), para determinar las diferencias estadísticas.

Cuadro 16 ANDEVA de los resultados de dos muestreos de diámetro de los tratamientos.

	Primer Muestreo (C.V.= 7.4280%)			Segundo Muestreo (C.V.= 6.1070%)		
	CM	F	P>F	CM	F	P>F
Tratamiento	0.00436	0.1597	0.953 N.s.	0.008505	0.4021	0.805 N.s.
Bloque	0.015928	0.5834	0.64	0.050344	2.3803	0.12
Error	0.027303			0.02115		

\* Significancia

N.S. No existe significancia

Fuente: El autor (2013).

Según el ANDEVA realizados a los resultados de los dos muestreos de diámetro se determinó estadísticamente, que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, por lo que se consideran que todos los tratamientos son iguales, por lo tanto el potasio no aumentó el diámetro de los tallos.

## 6.4.2 Altura

Se realizaron cinco muestreos de altura de tallos de los cinco tratamientos evaluados a intervalos de 30 días después de la siembra de la caña de azúcar.

Para la realización del muestreo se tomaron las alturas de los tallos desde el suelo hasta la lígula de la caña de azúcar o inicio de las hojas verdaderas. Los resultados de los muestreos se pueden observar en la siguiente figura.

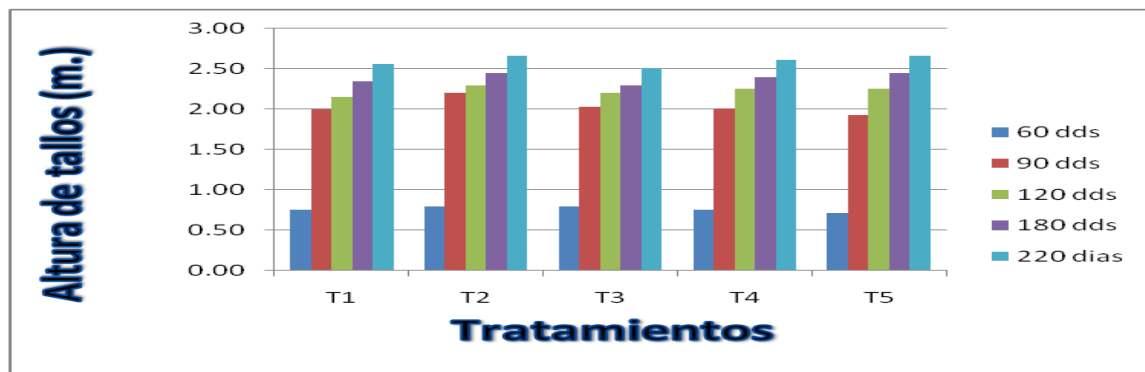


Figura 11: Resultados de los muestreos realizados a los tratamientos evaluados sobre altura de los tallos en metros.

Fuente: El autor (2013).

Se puede observar en la figura 11 el comportamiento de la altura de los tallos de cada tratamiento evaluado durante el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar, mostrando que los tratamientos evaluados sobre dosis de potasio no intervino significativamente sobre la altura de la caña de azúcar, por lo que los tratamientos evaluados mostraron una tendencia de crecimiento similar en los cinco muestreos realizados.

Partiendo de lo anterior el componente primario del rendimiento que consiste en la altura de los tallos de caña de azúcar no fue influenciado por la aplicación de potasio, fue necesario entonces, realizar el análisis de varianza de los tratamientos evaluados.

Cuadro 17 ANDEVA de los resultados de altura de dos muestreos de cada tratamiento.

	Primer Muestreo (C.V.=16.572%)			Segundo Muestreo (C.V.= 12.408%)		
	CM	F	P>F	CM	F	P>F
Tratamiento	0.004189	0.2606	0.897 N.s.	0.01543	0.2484	0.904 N.s.
Bloque	0.010605	0.6597	0.595	0.011777	0.1896	0.901
Error	0.016077			0.062117		

\* Significancia

N.S. No existe significancia

Fuente: El autor (2013).

De los dos muestreos realizados en los tratamientos evaluados, se determinó estadísticamente que no hubo significancia al 5% entre cada tratamiento evaluado, esto significa que los tratamientos en cuestión son iguales.

### 6.4.3 Entrenudos

Se determinaron la cantidad de entrenudos que se formaron durante el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar de los tratamientos evaluados. Para ellos se realizaron cuatro muestreos de conteo de entrenudos formados desde el suelo hasta el último entrenudo formado, obteniendo los resultados que se aprecian en la siguiente grafica.

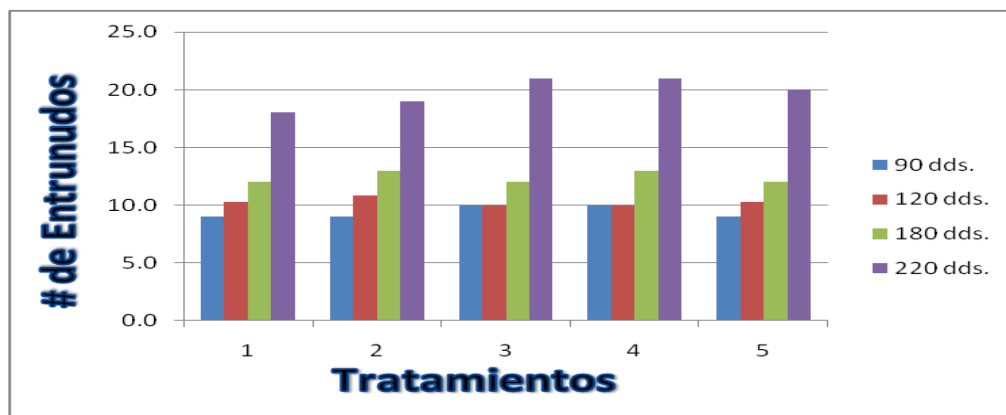


Figura 12: Resultados de cuatro muestreos sobre total de entrenudos de cada tratamiento evaluado.

Fuente: El autor (2013).

Según la figura anterior, se puede observar que el tratamiento tres con el muestreo de 220 días obtuvo 22 entrenudos más que los demás tratamientos evaluados, por lo que se realizó el análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa.

Cuadro 18 ANDEVA de los resultados de dos muestreos de entrenudo de cada tratamiento.

	Primer Muestreo (C.V.= 9.967%)			Segundo Muestreo (C.V.= 9.689%)		
	CM	F	P>F	CM	F	P>F
Tratamiento	0.25	0.2941	0.876 N.s.	0.428345	2.7362	0.079 N.s.
Bloque	5.516642	6.4901	0.008	0.737956	4.714	0.021
Error	0.850006			0.156545		

\* Significancia

N.S. No existe significancia

Fuente: el autor (2013).

Según los resultados obtenidos sobre el análisis de varianza, no existe diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, entonces, todos los tratamientos en estudio son iguales.

## 6.5 Determinación de grados brix, pureza y porcentaje de jugo de los tratamientos evaluados

A nivel de laboratorio se determinaron grados brix del jugo de la caña de azúcar, la pureza del jugo y el porcentaje de jugo, para determinar si el potasio influenció en los resultados de estos muestreos de los cuales se detallan los siguientes:

### 6.5.1 Grados brix de jugo de caña de azúcar de los tratamientos evaluados

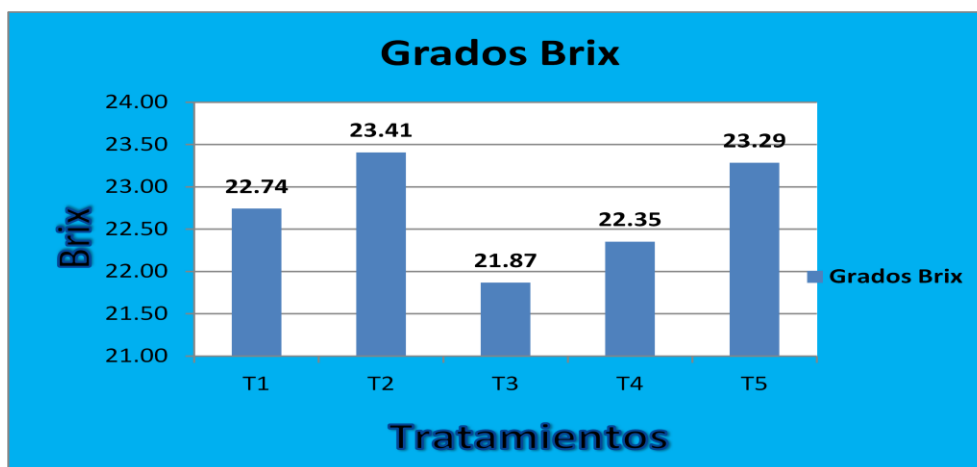
Se determinó el porcentaje de sólidos totales del jugo de la caña de azúcar, a través del muestreo de grados brix, esto se realizó a nivel de laboratorio, ya que al momento del corte se extrajeron muestras de cada tratamiento evaluado, los cuales se llevaron al laboratorio del Ingenio Magdalena, para el análisis respectivo obteniendo los siguientes resultados.

**Cuadro 19 Resultados de grados brix de los tratamientos evaluados.**

Tratamientos	Bloque I	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Sumatoria	Medias
1	21.83	23.28	23.04	22.82	90.97	22.74
2	22.98	23.59	23.31	23.75	93.63	23.41
3	20.52	23.09	23.46	20.40	87.47	21.87
4	23.53	22.94	20.47	22.47	89.41	22.35
5	24.29	23.33	22.28	23.24	93.14	23.29

Fuente: Oficina de laboratorio de calidad Ingenio Magdalena (s.f.).

El cuadro 19, detalla los resultados de los grados brix de cada tratamiento apreciando que la media de porcentaje de grados brix del jugo de la caña de azúcar estuvo entre 20 a 23, ejemplificando el tratamiento de mayor grado brix en la siguiente figura.



**Figura 13: Resultados de Grados Brix de los tratamientos evaluados.**  
Fuente: Oficina de laboratorio de calidad Ingenio Magdalena (s.f.)

El tratamiento dos presentó un porcentaje de grados brix de 23.41 de igual manera el tratamiento cinco con un porcentaje de grados brix de 23.20, llegando a determinar que el potasio tuvo influencia poco significativa ya que el tratamiento uno que correspondió al testigo, llegó a tener un porcentaje de grados brix de 22.74

Los valores aquí obtenidos en la calidad del jugo, se ubican dentro de los estándares del ingenio, para seleccionar un jugo de buena calidad: sacarosa, 12.5 %; grados Brix, 18 a 20; pureza, 79 a 89 %; fibra, 11 a 15 %; humedad, 73 a 75 %; y el menor porcentaje de azúcares reductores (Salgado, 1995).

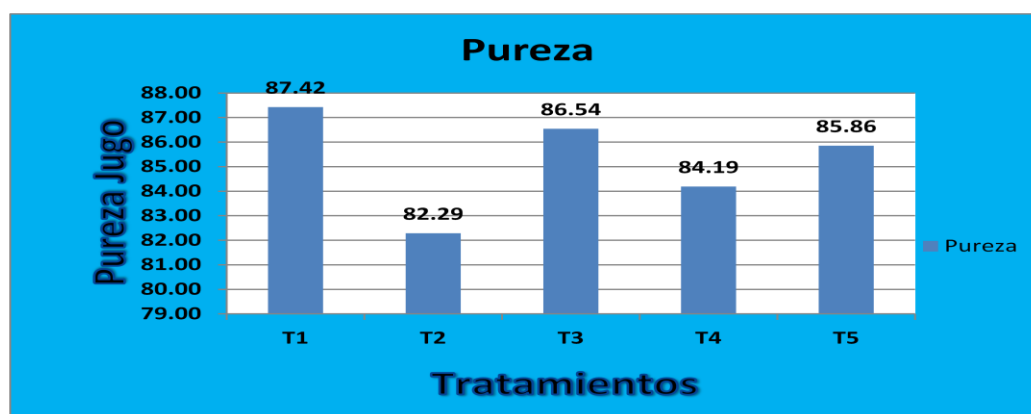
### 6.5.2 Pureza del jugo de la caña de azúcar según los tratamientos evaluados

Se realizó el análisis a nivel de laboratorio de la pureza del jugo de caña de azúcar de los tratamientos evaluados sobre la dosis de potasio, lo que se puede apreciar en el siguiente cuadro.

**Cuadro 20 Resultados de la pureza del jugo de los tratamientos evaluados.**

Tratamientos	Bloque I	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Sumatoria	Medias
1	90.24	87.93	85.94	85.58	349.69	87.42
2	77.37	85.88	86.10	79.79	329.15	82.29
3	91.23	84.37	86.32	84.26	346.18	86.54
4	84.15	89.41	78.07	85.14	336.76	84.19
5	86.17	82.13	85.37	89.76	343.42	85.86

Fuente: Oficina de laboratorio de calidad Ingenio Magdalena (s.f.).



**Figura 14: Resultados de pureza de jugos de los tratamientos evaluados**

Fuente: Oficina de laboratorio de calidad Ingenio Magdalena (s.f.).

Los resultados que se aprecian en la figura 14, se refieren al porcentaje de sacarosa respecto al contenido total de sólidos solubles del jugo de los tratamientos evaluados.

Se observa que el tratamiento uno presenta mayor cantidad de sólidos solubles a diferencia de los demás tratamientos.

Existente una relación entre el contenido de sacarosa presente en el jugo y los resultados de grados brix que se aprecian en la figura 13.

Una mayor pureza indica que existe un contenido mayor de sacarosa que de sólidos solubles en el jugo, según los parámetros que se tienen que son: pureza, 79 a 89 %; fibra, 11 a 15 %; humedad, 73 a 75 %; y el menor porcentaje de azúcares reductores (Salgado, 1995).

### 6.5.3 Determinación de los nutrientes absorbidos durante el desarrollo fisiológico de las plantas de caña de cada tratamiento evaluado

Para determinar los nutrientes absorbidos por las plantas de caña de cada tratamiento evaluado, se realizó el análisis foliar y así obtener la información de las cantidades de los nutrientes primarios y secundarios absorbidos a los cinco meses después de la siembra. En el siguiente cuadro se observa los resultados obtenidos.

**Cuadro 21 Resultados de análisis foliar realizados a los cinco tratamientos evaluados.**

Elemento	Concentración porcentaje (peso-peso)					Rango Adecuado	Dosis Kg./ha
	T1	T2	T3	T4	T5		
Nitrógeno N	1.96	1.85	1.21	1.85	2.02	1.5 - 2.5	0
Fosforo P	0.19	0.22	0.23	0.22	0.23	0.15 - 0.25	0
Potasio K	0.69	1.05	0.98	0.99	0.91	1 - 1.7	0
Calcio Ca	0.53	0.35	0.36	0.37	0.41	0.16 - 0.4	0
Magnesio Mg	0.2	0.17	0.17	0.17	0.18	0.08 - 0.25	0
Partes por millón (ppm)							
Azufre S	745	865	770	710	740	1300 - 3000	0
Boro B	2.05	2.05	3	2.45	2.95	1--30	0
Cobre Cu	5.3	5.65	5.5	5.55	5.55	4--10	0
Hierro Fe	64	72.5	61.5	58.5	60	30 - 200	0
Manganeso Mn	42.25	33	29.9	29.2	26.35	12 - 200	0
Zinc Zn	9.65	11.11	12	11.65	11.6	13 - 40	0.5

Fuente: Soluciones Analíticas (2013).

Según los resultados que se aprecian en el cuadro anterior, el tratamiento dos a los cinco meses después de la siembra había absorbido 1.05 % de potasio del suelo, el cual se encuentra entre el rango adecuado, según la tabla que maneja el laboratorio de soluciones analíticas. El tratamiento uno que consistió en el testigo absoluto presentó una baja absorción del nutriente potasio siendo esta 0.69 %.

## 6.6 ANÁLISIS ECONÓMICO

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre el rendimiento en toneladas de caña por hectárea se realizó el análisis económico del tratamiento dos el cual produjo cinco toneladas más que los demás tratamientos, versus el testigo absoluto.

**Cuadro 22 Análisis económico del tratamiento uno y tratamiento dos evaluados.**

Tratamiento 1 (Testigo Absoluto)		Tratamiento 2 (80 kg. de K/Ha)	
Costo Total de Produccion (TCH)	Q 14,544.00	Costo Total de Produccion (TCH)	Q 15,847.00
Volumen de Produccion	101.00	Volumen de Produccion	106.00
Costo Promedio Unitario	Q 144.00	Costo Promedio Unitario	Q 149.50
Precio Promedio de Venta (TC)	Q 200.00	Precio Promedio de Venta (TC)	Q 200.00
Valor Bruto de Produccion	Q 20,200.00	Valor Bruto de Produccion	Q 21,200.00
Utilidad Total de Produccion	Q 5,656.00	Utilidad Total de Produccion	Q 5,353.00
Indice de Rentabilidad	39.00	Indice de Rentabilidad	34.00
Relacion Beneficio Costo	1.39	Relacion Beneficio Costo	1.34

Fuente: El autor (2013).

Según los resultados obtenidos del análisis económico, el índice de rentabilidad para el tratamiento uno es de 39 por ciento, teniendo una relación beneficio costo de 1.39, a diferencia del tratamiento dos con un índice de rentabilidad de 34 por ciento y una relación beneficio costo de 1.34.

En el siguiente cuadro se detalla el análisis de rentabilidad para cada tratamiento evaluado según los rendimientos obtenidos.

**Cuadro 23 Análisis de rentabilidad de los tratamientos evaluados.**

Tratamiento	Dosis K	Rendimiento TCH	Precio TC	Ingreso Bruto	Costo Producción	Ingreso Neto	Rentabilidad %
T1	0	101	Q 200.00	Q 20,200.00	Q 14,544.00	Q 5,656.00	38.89
T2	80	106	Q 200.00	Q 21,200.00	Q 15,848.06	Q 5,351.94	33.77
T3	120	101	Q 200.00	Q 20,200.00	Q 16,238.14	Q 3,961.86	24.4
T4	160	97	Q 200.00	Q 19,400.00	Q 16,433.18	Q 2,966.82	18.05
T5	180	93	Q 200.00	Q 18,600.00	Q 16,628.22	Q 1,971.78	11.86

K= Potasio

TCH= Toneladas de caña por hectàrea

TC= Tonelada de caña

%= Porcentaje

Fuente: El autor (2013).

El costo que varia para cada tratamientos es el precio del fertilizante en estudio en este caso corresponde al potasio, ya que el precio en el mercado oscila en \$ 25.00 el saco, por lo tanto, el

Tratamiento uno presenta mayor rentabilidad, ya que según los rendimientos obtenidos en campo sobre toneladas de caña por hectàrea, todos los tratamientos en estudio son iguales, entonces la adición del fertilizante aumenta los costos de producción bajando la rentabilidad al realizar la aplicación de potasio.

## VII. CONCLUSIONES

1. Según los resultados de campo obtenidos al momento de la cosecha sobre la evaluación de cinco dosis de potasio en el cultivo de la caña de azúcar, variedad CP 722086 en ciclo de plantía en un suelo alfisol, se acepta la hipótesis nula, que corresponde a, que todas las dosis de potasio en estudio tendrán el mismo efecto sobre la variable en estudio rendimiento en toneladas de caña por hectárea, al 5% de significancia, tomando en cuenta que los niveles de potasio en el suelo, se encontraban en el rango adecuado, según los resultados obtenidos en el muestreo de suelo realizado en el área de la evaluación. Para esta evaluación se tuvo un coeficiente de variación de 13.11 % de manera que la evaluación fue conducida exitosamente.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos a nivel de laboratorio sobre la evaluación de cinco dosis de potasio en el cultivo de la caña de azúcar, variedad CP 722086 en ciclo plantía se acepta la hipótesis nula la cual corresponde a que todas las dosis de potasio tendrán el mismo efecto sobre la variable en estudio rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea. Por lo antes expuesto estadísticamente se demostró realizando un análisis de varianza con los resultados obtenidos que todos los tratamientos en estudios fueron iguales ya que ninguno produjo significancia (5%). La evaluación tuvo un coeficiente de variación de 16.76% demostrando entonces que el ensayo fue conducido exitosamente.
3. Se concluye que ninguna dosis de potasio en estudio produjo una mayor densidad poblacional de tallos en los tratamientos evaluados, por lo tanto ninguna dosis tuvo significancia sobre la población de tallos, descartando para esta investigación que el potasio aumentaría la densidad poblacional de tallos en los tratamientos evaluados, bajo las condiciones de suelo donde se realizó la investigación.
4. Según los resultados obtenidos sobre los componentes primarios del rendimiento de la caña de azúcar que corresponde a la altura, diámetro de tallos y entrenudo, se determinó estadísticamente que ninguna dosis de potasio en estudio produjo significancia en cada componente del rendimiento en estudio.
5. Se planteó la determinación de las dosis óptimas económicas de potasio mediante la regresión cuadrática ajustada de la variable toneladas de azúcar por hectárea (Taz/ha) en los tratamientos que según el análisis de varianza presentaron significancia en el modelo. Por lo tanto según los resultados obtenidos todos los tratamientos en estudio son iguales entonces no fue necesaria la realización de dicha estimación ya que según el modelo de regresión se somete solamente los tratamientos en estudio con diferencia significativa.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. En base a los resultados obtenidos de la evaluación de cinco dosis de potasio en el suelo alfisol se recomienda no aplicar ninguna dosis extra de potasio en el cultivo de la caña de azúcar, para las condiciones de los suelos Alfisol de la finca El Tempisque, ya que realizando el análisis económico se determinó que no es rentable aplicar el elemento potasio cuando la concentración inicial del elemento potasio en el suelo es superior a 140 partes por millón.
2. Se recomienda realizar la evaluación de aplicación de potasio en el cultivo de la caña de azúcar en el suelo alfisol en plantilla utilizando otros métodos de aplicación de potasio, ya sea de forma foliar o granulado, fraccionado las aplicaciones durante el desarrollo vegetativo, para determinar si aumenta el rendimiento tanto en toneladas de caña como en toneladas de azúcar.
3. Se recomienda realizar un estudio con un elemento que ayude a la movilización del potasio dentro de la planta ya que el potasio es un elemento poco móvil en el suelo y dentro de la planta y necesita un transporte para que realice las funciones específicas en las plantas.

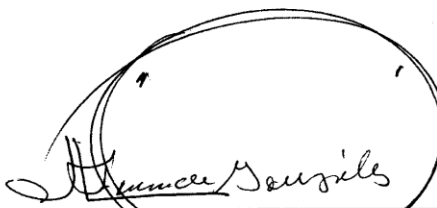
## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Alcántara, E.; Aguilera, A.; Elliot, R. 1989. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvest fresh and ensiled with and without NaOH. *Animal Feed Science and Technology*. (23): 323-331.
2. Anderson, D.L.; Bowen, J.E. 1994. Nutrición de la caña de azúcar. Quito Ecuador. Instituto de La Potasa y El Fósforo A.C..
3. Buol, S.W.; Hole F.D.; MacCracken R.J., 1980. Soil genesis and classification, 2d ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
4. CENGICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar) 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera de Guatemala. 2 ed. Guatemala, Gt. 215 p.
5. CENGICAÑA (Centro de Investigación de la caña de azúcar) 2007. Evolución de la Producción y Productividad de la agroindustria azucarera y Mapas Generales de la Zona Cañera de la Costa Sur de la República de Guatemala. Guatemala, Gt. 20 p.
6. CENGICAÑA (Centro de Investigación de la caña de azúcar) 2002. Nutrición y Fertilización de caña de azúcar en Guatemala. Análisis de resultados de investigación con nitrógeno, fosforo y potasio. Guatemala, Gt. 20 p.
7. Chávez, M. 2002. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica, Nutrición del cultivo (en línea). Consultado 22 sept. 2002. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/cana/NUTRI%20Y%20FERT.html>.
8. Cruzate, G. 2001. Caracterización y Cartografía de los Materiales Parentales de los Suelos del Centro de la Región Pampeana mediante el Procesamiento Geoestadístico de Parámetros Químicos y Físicos. Tesis de Mag. SC. En Ciencias del Suelo. Buenos Aires, Arg. FAUBA.
9. García, F. 1988. Manual de fertilidad de suelos. Atlanta, Georgia, EE.UU. INPOFOS. 85p.
10. Google Earth. 2011. Vistas satelital. (programa de computación).
11. Henríquez, C. 2005. Origen, características y manejo de los Suelos Alfisoles. Boletín Técnico. (En línea). Consultado el 28/03/2012. Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/suelos-cr.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html)
12. Humbert, R. 1977. Sugarcane En; Diagnosis and Correction of Potassium Deficiency in Major Tropical Crops. Second De. The Potash and Phosphate Institute, S.E. Asia Program. PPI, PPIC, FAR (1990).
13. IGN ( Instituto Geográfico Nacional de Guatemala) 1969. Página Virtual de Consultas. (En línea). Consultado el 25/04/2012. Disponible en [www.ign.gob.gt](http://www.ign.gob.gt).

14. Lazcano, I. 2005. El potasio, esencial para un buen rendimiento en la caña de azúcar. Boletín Técnico. (En línea) Consultado el 15/02/2005 Disponible en [www.requerimientonutritional.com.mx](http://www.requerimientonutritional.com.mx)
15. Meneses, A. 2010. Desarrollo de la Agro Industria Azucarera guatemalteca. Boletín Técnico informativo. Guatemala, Gt. CENGICAÑA. 20 p.
16. Orozco, H. et al. 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum*spp) en Guatemala. Guatemala, Gt. CENGICAÑA. Documento Técnico No. 6. ISSN 1023 5779. 24 p.
17. Orozco, H. 2003. Censo de variedades de caña de azúcar en Guatemala Período 1979/80 – 2003/04. Memoria Presentación de resultados de investigación zafra 2002/2003. Guatemala, Gt. CENGICAÑA. p. 50- 51.
18. Oficina de laboratorio de calidad la Región Sur Occidente del Ingenio Magdalena (s.f.). Resultados de laboratorio de muestras de caña de azúcar Ingenio Magdalena S.A. La Democracia, Escuintla, Gt.
19. Peña, M. 1997. Propagación *In vitro* de la caña de azúcar. Tesis Ing. Agr. Honduras, Zamorano. 39 p.
20. Pérez, O. 2001. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. Síntesis de resultados de investigación en la zona cañera de Guatemala. En: Memoria del X Congreso Nacional de ATAGUA, Guatemala, Gt. 98-104 p.
21. Pérez, O. et al. 1999. Respuesta de la caña de azúcar a la fertilización con potasio en plantilla en suelos de la región cañera de Guatemala, Memoria Presentación de resultados de investigación zafra 1998/1999. Guatemala, Gt. CENGICAÑA. p. 138-139.
22. Pérez, O. et al. 2001. Evaluación de la respuesta a potasio en caña de azúcar en suelos con diferentes contenidos de K, segunda soca. Memoria de Labores. Guatemala, Gt. CENGICAÑA. p. 91-95.
23. Pérez, O.; Montepeque, R.; Gómez, R. 1995. Estudio exploratorio de NPK en caña de azúcar plantilla var. Mex 68 p23 finca el Bálsamo Ingenio Pantaleón (Vol. 1) Memoria semana científica división agrícola. Guatemala, Gt. CENGICAÑA. p. 172-180.
24. Quintero, D.; García, J. 1997. Respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum*sp.) variedad CC 85-92 (Plantilla) a las aplicaciones de N y K en tres suelos del valle del río Cauca. IV Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la caña de azúcar. Cali Col., Buenaventura C.
25. Quintero, D. 1995. Fertilización de la caña de azúcar con elementos mayores y con sub productos de la industria azucarera en suelos del Valle del río de Cauca. Guatemala, Gt. CENGICAÑA. Manuscrito publicado.
26. Repsol, YPF. 2003. Cloruro de potasio. Ficha Técnica (En línea). Consultado el 26/02/2013 Disponible en <http://www.bioendesa.com.ar/wp-content/uploads/2012/08/Cloruro-de-Potasio-Circular-Tecnica.pdf>

27. Reyes Castañeda, P. 1990. Diseños de experimentos aplicados. 3 ed. México, DF. Trillas. 348 p.
28. Robles, E. 2012. El azúcar en Guatemala, su Producción y Exportación. Boletín Informativo (En línea). Consultado el 20/02/2013. Disponible en [www.dequate.com.gt](http://www.dequate.com.gt).
29. Salgado, G. 1995. Cómo Incrementar los Rendimientos de Caña de Azúcar en el Estado de Tabasco. Campus Tabasco. CP-ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco Mx. 20 p. Folleto para productores.
30. Salazar, J.; Vargas, J. 1996. Respuesta de la caña de azúcar, variedad Pindar, al fraccionamiento del nitrógeno y potasio en diferentes épocas de aplicación durante tres cosechas en San Carlos Costa Rica. Memoria, 10º. Congreso Atacori, Costa Rica.
31. SIB. (Superintendencia de Bancos) 2012. Estudio del Sector Azucarero de Guatemala. Boletín Técnico. (En línea). Consultado el 23/04/2012. Disponible en [www.sib.gob.gt.com](http://www.sib.gob.gt.com).
32. Simmons, C.S.; Táranos T., J.M.; Pinto Z., J.H. 1,959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona, Guatemala, Gt. Editorial José de Pineda Ibarra. 1,000p.
33. Solórzano, H. 1998. Determinación del grado de tolerancia a nueve herbicidas y cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum L.*) en la Estación experimental Camantulul, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Gt. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Agrícolas.
34. Soluciones Analíticas 2013. Informe de análisis de suelo. Resultados de laboratorio obtenidos del muestreo de suelo realizado en la finca el Tempisque. Guatemala, Gt. 6p.

Vo. Bo. \_\_\_\_\_



Lic. Ana Teresa de González  
Encargada de Biblioteca  
CUNSUROC



# ANEXOS

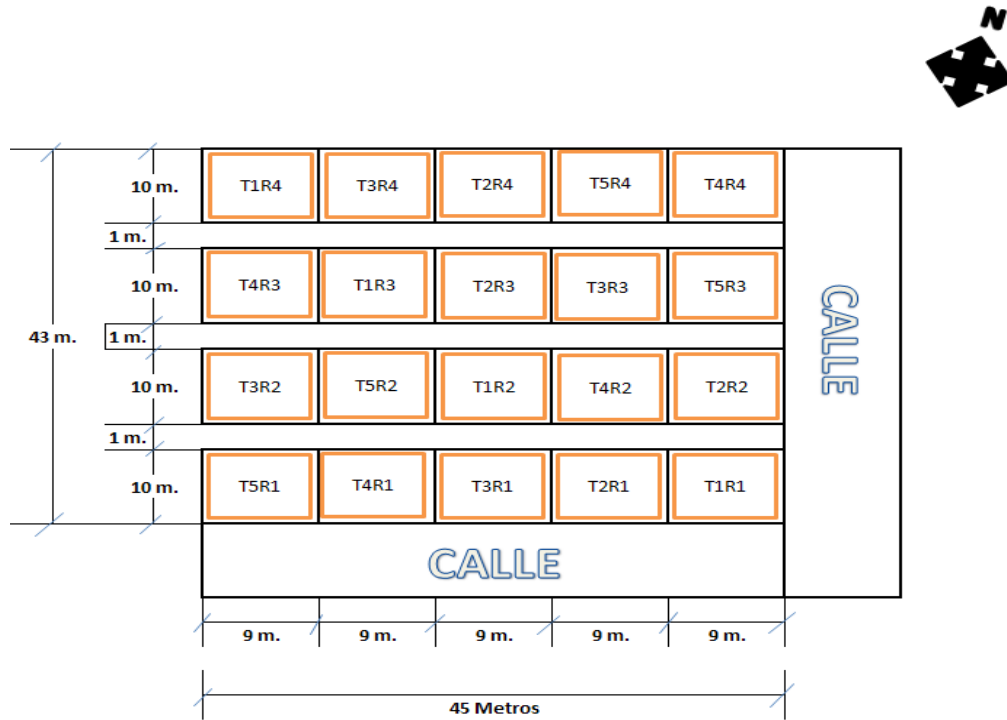


Figura 15: Diseño de los tratamientos en el área de la evaluación.  
Fuente: El autor (2013).

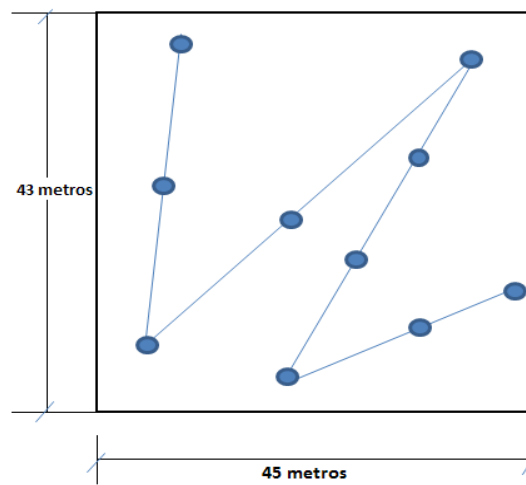


Figura 16: Toma de sub-muestras de suelos del área de la evaluación de potasio.  
Fuente: El autor (2013).

Cuadro 24 Resultados del muestreo de suelo.

Parametros de Suelos	Horizonte		Rango Adecuado
	HA	HB	
pH	6.37	6.45	5.5-7.20
Concentracion de sales	0.19 ds/m	0.20 ds/m	0.2-0.8
Materia Organica	2.04%	2.24%	2 % -4 %
C.I.C.e	23.1 meq/100 ml	22.8 meq/100 ml	5.0-15.0
Saturacion K	3.82%	3.14%	4%-6%
Saturacion Ca	67.99%	69.82%	60%-80%
Saturacion Mg	28.19%	27.04%	10%-20%
Saturacion Al+H	0.00%	0.00%	< 20%

Fuente: Laboratorio de Soluciones Analíticas (2013)

Cuadro 25 Resultados en toneladas de caña por parcela de cada tratamiento evaluado.

Tratamientos	Bloque I	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Sumatoria	Medias
1	0.59	1.09	0.97	0.99	3.64	0.911
2	0.78	0.94	1.01	1.08	3.81	0.953
3	0.88	0.99	0.92	0.94	3.72	0.931
4	0.89	0.86	0.93	0.81	3.48	0.871
5	0.90	0.94	0.79	0.74	3.37	0.841

Fuente: El autor (2013).



Figura 17: Pesado de cada tratamiento evaluado.

Fuente: El autor (2013).



**Figura 18: Corte de caña de cada tratamiento evaluado.**

**Fuente: El autor (2013).**



**Figura 19: Colocación de la caña de cada tratamiento evaluado para pesarlos.**

**Fuente: El autor (2013).**

**Cuadro 26 Datos transformados de porcentaje (variable discontinua) a datos de variables continuas muestreo de 30 días población de tallos.**

<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
9.2	8.2	8.5	9.4	8.5
10.7	9.6	8.9	9.7	8.6
10.0	7.9	7.1	9.1	8.5
9.3	7.7	7.8	8.9	8.2

Fuente: El autor (2013).

Mazatenango, 24 de Octubre 2014

Ing. Agr. Msc. Erick Alexander España  
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical  
Centro Universitario del Sur Occidente  
Universidad San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en las labores diarias que desempeña día con día.

El motivo de la presente es para proponer como trabajo de graduación el Informe Final de Investigación Inferencial elaborado por el estudiante Técnico en Producción Agrícola: Gersson Benjamín Marcial Morales, carné 200640847; titulado: **“Aplicación de cinco dosis de potasio en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) var. Cp-722086 ciclo plantía en suelo Alfisol Santo Domingo Suchitepéquez”**; el cual cumple con los requisitos establecidos por la carrera de Agronomía Tropical, habiendo hecho previo todas las correcciones correspondientes para su aprobación.

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
**Ing. Agr. Nery Figueroa Guerra**

Mazatenango, 24 de Octubre de 2014

Doctora

Alba Ruth Maldonado de León

Directora Centro Universitario del Sur Occidente

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias

La presente es para informarle que he revisado el informe final de Investigación Inferencial, elaborado por el estudiante, Técnico en Producción Agrícola: Gersson Benjamín Marcial Morales, carné 200640847; titulado **“Aplicación de cinco dosis de potasio en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) var. Cp-722086 ciclo plantía en suelo Alfisol Santo Domingo Suchitepéquez”**.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Gersson Benjamín Marcial Morales, ha cumplido con el normativo del trabajo de graduación, razón por la cual someto a consideración el documento para que continúe con el trámite correspondiente.


Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Ing. Agr. Msc. Erick Alexander España

Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Sur Occidente  
AGRONOMÍA 



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CUNSUROC/USAC-I-87-2014**

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE, Mazatenango,  
Suchitepéquez, diecisiete de noviembre de dos mil catorce.\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE  
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:  
“**APLICACIÓN DE CINCO DOSIS DE POSTASIO EN CAÑA DE AZÚCAR**  
*(Saccharum officinarum)* var. Cp 722086 CICLO PLANTÍA EN SUELO ALFISOL  
SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ”, del estudiante: T.P.A. Gersson Benjamín  
Marcial Morales, carné 200640847 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

DRA. ALBA RUTH MALDONADO DE LEÓN  
DIRECTORA



/gris