

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a knight on horseback, holding a lance and a shield, set against a background of a landscape with mountains. Above the knight is a crown and a lion rampant. The Latin motto "S CONSPICUA CAROLINA AC CETERAS INTER MAIA COACTEMALENSIS" is inscribed around the perimeter of the seal.

APLICACIÓN DE LA COMBINACIÓN VINAZA Y NITRÓGENO EN SEMILLEROS VEGETATIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*), COMO FERTILIZANTE FOLIAR, DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, DETERMINACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE 18 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR Y EFECTO DE LA VINAZA EN LA REDUCCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA CORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN S.A. SIQUINALÁ, ESCUINTLA

HÉCTOR FABRICIO ALVARADO RUÍZ

GUATEMALA, ABRIL DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

APLICACIÓN DE LA COMBINACIÓN VINAZA Y NITRÓGENO EN SEMILLEROS VEGETATIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*), COMO FERTILIZANTE FOLIAR, DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, DETERMINACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE 18 VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR Y EFECTO DE LA VINAZA EN LA REDUCCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA CORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN S.A. SIQUINALÁ, ESCUINTLA

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

POR

HÉCTOR FABRICIO ALVARADO RUÍZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, ABRIL DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GALVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Msc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	P. Forestal Axel Esaú Cuma
VOCAL CINCO	P. Contador Carlos Monterroso González
SECRETARIO	Ing. Agr. Edwin Enrique Cano Morales

GUATEMALA, ABRIL DE 2010

Guatemala. Abril de 2010

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en el **Departamento de Investigación Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción S.A**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

‘‘ID Y ENSEÑAD A TODOS’’

Héctor Fabricio Alvarado Ruíz

## ACTO QUE DEDICO

A

Dios hacedor de todas las cosas, gracias por permitirme alcanzar esta meta, pido tu presencia y tu gracia nunca me abandonen.

Mi Padre Walter Fidel Alvarado Martínez, por brindarme su apoyo incondicional y sus valores aportados durante toda mi vida eternamente agradecido.

Mis Madres Victoria Araceli Montufar de Alvarado, María del Transito Ruiz de Barrillas, Su guía es la fortaleza de mi vida.

Mis hermanos Víctor Fidel Alvarado, Denise Alvarado, Cindy Araceli Alvarado, Liza Victoria Alvarado, Carlos Benjamín Barrillas Ruiz, Densil Barrillas Ruiz, por todos los momentos de alegría y ser parte de mi motivación para seguir adelante.

A mis sobrinitas Marcela Montero, Nicolle Figueroa sus vidas son rayos de luz para mi.

Mis abuelos Rafael Alvarado, María Luisa de Alvarado, José Montufar, Zoila de Montufar, Gracias por el apoyo brindado desde el cielo este éxito es de ustedes también.

Víctor Ruíz y Rosa de Ruíz, gracias por la fortaleza y siempre estar presentes

Mis tíos Carlos Alvarado, Carmela Alvarado, Félix Alvarado, Estela Alvarado, Elvia de Alvarado, Cecilia de Alvarado por nunca dejar de creer en mi, gracias.

Mis primos Leonardo Alvarado, Johana Alvarado, Guadalupe Alvarado, William Alvarado, Juan Alvarado, María Luisa Alvarado, José Israel Alvarado, Raúl Alvarado, por todos los momentos de alegría y ser parte de mi motivación para seguir adelante.

María del Carmen sin tu apoyo nada de esto sería posible.

Mis amigos de la universidad Diego Sazo, Alberto Cano, Joel Morales, Luis Elías, Gabriel Gálvez, Ana Isabel Castellanos, Paola Gámez, Luis Condomi, Luis Alonso Saenz, Byron Estrada, Hansy Fuentes, Rafael Moreira, Miguel Rivera, Hugo Molina, Juan Rene Santizo por haber compartido momentos importantes y brindarme su apoyo incondicional siempre.

Mis amigos de Maya Expeditions Ramiro Tejada, Héctor peralta, Sydney Shaw, Frank Fica, Max Baldetti, Karla Gamba, Roberto Morales, Manuel Lam, Roberto Lujan, Alejandro Mendoza, Oscar Villagran, Manolo Rodas, Roberto Rodas, Javier Aldana, Erwin Aldana, Mario Lanz, Leticia Sance, Martin Tejada, por todas los buenos y malos momentos vividos en el río que me fortalecieron.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A

DIOS

MI PATRIA GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

CARRERA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN S.A

MAYA EXPEDITIONS

## AGRADECIMIENTOS

A mis asesores Ing. Agr. Ezequiel López e Ing. Agr. Iván Dimitri, por su apoyo incondicional durante el proceso de la elaboración de este documento.

Al coordinador del Departamento de Investigación Agrícola de Ingenio Pantaleón, Ing. Agr. Abimael López, por su colaboración, apoyo y enseñanzas brindadas a lo largo del proceso de EPS.

Al coordinador del Departamento de Diseño Agrícola Ing. Agr. Mauricio Rodríguez por el apoyo y confianza depositada en la culminación de esta etapa.

Al personal técnico del Departamento de Investigación Agrícola de Ingenio Pantaleón, Ligia Acan, Efraín Chajíl, Jarhii Ordoñez, Alexander Soto, Lennin Roldan.

A mis Catedráticos Ing. Agr. Anibal Sacbaja, Ing. Agr. Lara, Ing. Agr. Manuel Martínez, Ing. Agr. Amílcar Sánchez por compartir sus experiencias y conocimientos adquiridos, brindándome las bases para mi carrera profesional.

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPITULO I. DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA.....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. General.....	3
1.2.2. Específicos.....	3
1.3 MARCO REFERENCIAL.....	4
1.3.1 Ubicación geográfica.....	4
1.3.2 Características físico-biológicas.....	5
1.3.2.1 Clima.....	5
1.3.3 METODOLOGÍA.....	8
1.3 RESULTADOS.....	9
1.4.1 Organización y funcionamiento del departamento de investigación agrícola.....	9
1.4.1.1 Organización.....	10
1.4.1.2 Estructura del departamento de investigación agrícola.....	11
1.4.2 Área disponible para ensayos.....	14
1.4.3 Procedimiento para realizar investigación agrícola, protocolo de la investigación.....	15
1.4.3.1 Transferencia de tecnologías.....	16
1.4.3.2 Área de incremento de variedades.....	17
1.4.3.3 Recursos del departamento de investigación agrícola.....	20
1.4.4 Jerarquización de la problemática.....	22
1.4.5 Servicios e investigación a realizar en el área de investigación agrícola, Corporación Pantaleón/Concepción.....	23
1.5 Conclusiones.....	24
1.6 Bibliografía.....	25

CONTENIDO	PÁGINA
CAPITULO II. EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN VINAZA Y NITRÓGENO COMO FERTILIZANTE FOLIAR EN SEMILLEROS VEGETATIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR ( <i>SACCHARUM SPP</i> ), CORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, SIQUÍNALA, ESCUINTLA.....	26
2.1 PRESENTACIÓN.....	27
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	28
2.2.1 fertilización foliar.....	28
2.2.2 Mecanismos de absorción de nutrimentos.....	30
2.2.2.1 A través de la cutícula.....	30
2.2.2.2 A través de los estomas.....	31
2.2.2.3 A través de ectodesmos.....	31
2.2.2.4 A través de tricomas.....	32
2.2.2.5 Traslado de nutrientes.....	32
2.2.3 Factores que influyen en la fertilización foliar.....	33
2.2.3.1 Relacionados con la solución foliar.....	34
2.2.3.2 Relacionadas con el ambiente.....	35
2.2.3.3 Relacionados con la planta.....	35
2.2.4 Solubilidad de fertilizantes.....	36
2.2.4.1 Nitrogenados.....	37
2.2.5 Vinaza.....	37
2.2.6 Alternativas de uso racional de la vinaza.....	38
2.2.6.1 Uso de la vinaza como fertilizante directo (líquido o concentrado).....	38
2.2.6.2 Uso de la vinaza como fertilizante preparado con compost.....	39
2.2.7 Consecuencias de aplicar dosis altas de vinaza en los suelos.....	39
CONTENIDO	PÁGINA

2.2.8 Los aminoácidos de la vinaza en fertilización foliar con vinaza.....	40
2.2.9 El potasio esencial para un buen rendimiento de la caña de azúcar. ....	40
2.2.9.1 El papel del potasio en la translocación de azúcares.....	40
2.3 ANTECEDENTES.....	41
2.4 MARCO REFERENCIAL.....	42
2.4.1 Descripción del sitio experimental.....	42
2.4.1.1Ubicación del experimento.....	42
2.4.1.2 Descripción del área.....	42
2.4.1.3 Descripción del material experimental.....	44
2.5 OBJETIVOS.....	46
2.5.1 General.....	46
2.5.2 Específicos.....	46
2.6 HIPÓTESIS.....	47
2.7 METODOLOGÍA.....	48
2.7.1 Metodología experimental.....	48
2.7.1.1 Descripción de los tratamientos.....	48
2.7.1.2 Diseño experimental.....	48
2.7.1.3 Unidad experimental.....	49
2.7.1.4 Tamaño de experimento .....	50
2.7.1.6 Manejo agronómico del experimento.....	51
2.7.1.7 Control fitosanitario.....	51
2.7.1.8 Manejo de la fertilización.....	52
2.7.1.9 Variables respuesta.....	53
2.7.1.10 Análisis de la información.....	54
2.8 Discusión de resultados .....	55
2.8.1 Producción total de semilla vegetativa (kg). ....	55
2.8.3 Altura de tallos.....	57
CONTENIDO	PÁGINA

2.8.4 Diámetros.....	58
2.8.5 Análisis de tejido foliar.....	59
2.8.6 Análisis de costos parciales.....	60
2.8.6.1 Determinación de tratamiento más rentable.....	62
2.9 CONCLUSIONES.....	63
2.10 RECOMENDACIONES.....	64
2.11 BIBLIOGRAFÍA.....	65

CAPITULO III.SERVICIOS PRESTADOS EN LA CORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN SIQUINALÁ, ESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.....	67
--	----

3.1 EFECTO DE LA VINAZA EN LA REDUCCION DE LA DOSIS DE FERTILIZANTE NITROGENADO APLICADO EN CAÑA DE AZÚCAR.....	68
3.1.1 PRESENTACION.....	68
3.1.2 MARCO CONCEPTUAL.....	69
3.1.2.1 Vinaza.....	69
3.1.2.2 Nitrógeno.....	69
3.1.3 OBJETIVOS.....	70
3.1.3.1 Objetivo general.....	70
3.1.3.2 Objetivos específicos.....	70
3.1.4 METODOLOGÍA.....	71
3.1.5 VARIABLES RESPUESTA.....	72
3.1.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	73
3.1.7 DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	74
3.1.8 DISCUSION DE RESULTADOS.....	75
3.1.8.1 Producción.....	75
3.1.8.2 Rendimiento.....	76
3.1.8.3 Productividad.....	76

3.1.9 CONCLUSIONES.....	77
3.1.10 BIBLIOGRAFIA.....	78
3.2 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE 18 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR CORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, SIQUINALA, ESCUINTLA.....	79
3.2.1 PRESENTACION.....	79
3.2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	80
3.2.3 OBJETIVOS.....	81
3.2.3.1 General.....	81
3.2.3.2 Específicos.....	81
3.2.4 METODOLOGÍA.....	82
3.2.5 VARIABLES RESPUESTA.....	85
3.2.6 CROQUIS DEL ENSAYO .....	86
3.2.7 RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	87
3.2.7.1 Resultados de germinación para variedad de 7 meses de edad.....	87
3.2.7.2 Resultados de germinación de variedades de 7.5 meses de edad.....	88
3.2.7.3 Resultados de germinación de variedades de 8 meses de edad.....	89
3.2.7.4 Resultados de germinación de variedades de 9 meses de edad.....	90
3.2.7.5 Resultados de germinación de variedades de 10.5 meses de edad.....	91
3.2.7.6 Resultados de germinación de variedades de 11 meses de edad.....	92
3.2.6.7 Resultados de germinación de puntas y bases .....	94
3.2.3 CONCLUSIONES.....	94
3.2.4 BIBLIOGRAFÍA.....	95

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA

PÁGINA

1. Organigrama general, Departamento de Investigación Agrícola, Pantaleón.....	10
2. Diferentes capas que conforman una hoja típica.....	29
3. Mapa de ubicación del area experimental, Lote 4001, pante 3. Corporación Pantaleón/Concepción.....	43
4. Descripción del material experimental, según manual de variedades, CENGICAÑA.....	45
5. Descripción de la unidad experimental. Corporación Pantaleón/Concepción, 2009.....	49
6. Distribución de tratamientos evaluados y sus repeticiones en el campo. Corporación Pantaleón/Concepción, 2009.....	50
7. Comparación de medias para la variable pesos de paquetes de semilla vegetativa (Kg.), obtenidas con los diferentes tratamientos, 2009 Corporación Pantaleón/Concepción.....	55
8. Comparación de medias para la variable altura de tallo (m.) obtenido con los diferentes tratamientos evaluados, 2009. Corporación Pantaleón/Concepción.....	57
9. Distribución de los tratamientos en el campo.....	74
10. Distribución de unidades experimentales en el campo.....	86
11. Porcentajes de germinación a través del tiempo para variedad de 7 meses de edad.....	87
12. Comportamiento germinativo de variedades de 7.5 meses de edad.....	88
13. Comportamiento germinativo de variedades de 8 meses de edad.....	89
14. Comportamiento germinativo de variedades de 9 meses de edad.....	90
15. Comportamiento germinativo de variedades de 10.5 meses de edad.....	91
16. Comportamiento germinativo de variedades de 11 meses de edad.....	92
17. % de germinación para la zona basa y apical 60 días después de la siembra.....	93

### INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Ubicación de zonas experimentales en la zona media.....	4

2. Ubicación de zona experimental de la zona baja.....	5
3. Histórico de precipitación del año 2006 al 2007 en la zona media.....	6
4. Análisis FODA del área de investigación agrícola, ingenio Pantaleón.....	22
5. Características químicas de la vinaza aplicada.....	44
6 Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento. Corporación Pantaleón/Concepción.....	48
7. Cantidades de cada combinación a aplicar para cada uno de los tratamientos evaluados de vinaza y nitrógeno (comercial). Corporación Pantaleón/Concepción.....	52
8. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo de los tratamientos evaluados, 2009. Corporación Pantaleón/Concepción.....	58
9. Análisis foliar para tratamientos evaluados. Corporación Pantaleón/Concepción.....	59
10. Beneficio neto para los tratamientos aplicados no dominados. Corporación Pantaleón/Concepción.....	60
11. Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados. Corporación Pantaleón/Concepción.....	61
12. Tasa marginal de retorno para los tratamientos aplicados no dominados. Corporación Pantaleón/Concepción.....	61
13. Análisis de residuos para los tratamientos aplicados no dominados. Corporación Pantaleón/Concepción.....	62
14. Tratamientos evaluados en el ensayo reducción de dosis de fertilizantes nitrogenados.....	71
15. Medias de producción de caña de azúcar con respecto a los % de nitrógeno aplicados. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).....	75
16. Rendimiento en kg azúcar/ton de cada uno de los tratamientos evaluados. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).....	76
17. Productividad en Ton azúcar/ha de cada uno de los tratamientos evaluados.....	77

**APLICACIÓN DE LA COMBINACIÓN VINAZA Y NITRÓGENO EN SEMILLEROS VEGETATIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*), COMO FERTILIZANTE FOLIAR, DIAGNOSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRICOLA, DETERMINACION DE LA GERMINACION DE 18 VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR Y EFECTO DE LA**

## VINAZA EN LA REDUCCION DE LA FERTILIZACION NITROGENADA, CORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN S.A. SIQUINALÁ, ESCUINTLA

### RESUMEN

La corporación Pantaleón/Concepción es una organización privada, agroindustrial dedicada al cultivo y procesamiento de la caña, para la producción de azúcar, abastecimiento de energía al sistema eléctrico de Guatemala y producción de bioetanol al 98% y 100%. Manteniendo un desarrollo y crecimiento acelerado, ha logrado posicionarse como el principal productor de azúcar en la región Centroamericana y uno de los más grandes de Latinoamérica. En Guatemala cuenta con 47,000 ha, que representan aproximadamente un 25% del área total sembrada con caña a nivel nacional.

En la actualidad la organización Pantaleón/Concepción hace grandes inversiones en investigación agrícola, ya que de acuerdo a los resultados producidos se generan nuevas tecnologías que contribuyen al desarrollo comercial de la empresa.

Como parte del ejercicio profesional supervisado ejecutado en el período comprendido entre agosto de 2008 y mayo de 2009, se elaboró un diagnóstico del departamento de investigación agrícola, con la finalidad de analizar su situación actual, en cuanto a organización, funciones del personal, principales problemas existentes y además el poder definir los servicios a realizar, así como el trabajo de investigación. Dentro de los principales resultados obtenidos del diagnóstico se puede indicar que este departamento cuenta con 280 ha. Para realizar ensayos de variedades, fertilidad, y fertilizantes, riegos y plagas. Esta dirigido por una coordinación que tiene a su cargo dos supervisores de proceso, tres auxiliares de campo, caporales y peones de campo.

De acuerdo a las necesidades de investigación detectadas en el diagnóstico, se realizó la “Evaluación de la combinación vinaza y nitrógeno como fertilizante foliar en semilleros vegetativos de caña de azúcar (*Saccharun spp.*). Corporación Pantaleón/Concepción, Siquinalá, Escuintla”.

Se encontró que el aprovechamiento de la vinaza pura considerado como desecho en combinación con el nitrógeno, mostro beneficios agronómicos y económicos aplicado como fertilizante foliar en la producción de semilla vegetativa de

caña de azúcar. La combinación de vinaza pura y 15000 ppm de nitrógeno (T3), produce efectos positivos en la producción de semilla vegetativa (11.85 Kg. /paquete de 30 esquejes). Superando en un 10.35% al tratamiento utilizado convencionalmente en la finca (tratamiento relativo). Aceptando la hipótesis planteada. El tratamiento vinaza pura + 15000 ppm de N (T3) es económicamente superior a los demás tratamientos, presentando una tasa marginal de retorno de 44.66%.

Como parte de los servicios se realizaron investigaciones de campo. La primera titulada “Efecto de la vinaza en la reducción de la dosis de los fertilizantes nitrogenados aplicados en caña de azúcar”. En donde estadísticamente no se obtuvieron diferencias significativas. Sin embargo fue el tratamiento con la reducción de dosis nitrogenado de 50% el que presentó las mayores medias de producción (2.29 TCH), y rendimiento (6.66 kg. azúcar/ton.) con respecto al segundo mejor tratamiento.

Referente a la segunda investigación, “Determinación del porcentaje de germinación de 18 variedades de caña de azúcar Corporación/Pantaleón, Siquinalá, Escuintla”, se evaluó el poder germinativo por variedad y sección del tallo, con una diferencia de germinación en la zona apical de 11.86% con respecto a la base del tallo y también una velocidad de germinación de 12.48% mayor.

## **CAPITULO I.**

**DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA  
CORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, SIQUINALA, ESCUINTLA.**

## **1.1 PRESENTACIÓN**

Actualmente las empresas vanguardistas son aquellas que mantienen siempre sus procesos con los mejores niveles de eficiencia y eficacia. Para ello debe de tenerse una constante actualización de la información de cada uno de los procesos que la conforman. De esta forma deberán ejecutarse diversos métodos para identificar puntos críticos, que pueden mejorarse dentro de cada proceso.

Este documento pretende presentar de forma objetiva, todas las ventajas e inconvenientes presentes en el área de investigación agrícola realizando un diagnóstico, en el período de agosto 2008 a mayo 2009.

Por lo que siguiendo con el objetivo de la Corporación Pantaleón/Concepción, el presente diagnóstico pretende actualizar la información, específicamente en el Departamento de Investigación Agrícola de esta empresa, para poder así tener una mejor visión de lo que actualmente sucede en esta área.

Para ello se realizaron diversas actividades, tales como entrevistas, caminamientos, recolección de información literaria, etc.

De acuerdo a los objetivos trazados y la metodología llevada a cabo, pueden mencionarse ciertos puntos críticos, tales como la falta de personal capacitado para la elaboración de informes e investigaciones enfocadas a la diversificación del uso de subproductos de la planta de bioetanol, como la vinaza.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GENERAL**

- A. Analizar el estado actual del departamento de investigación agrícola de la Corporación Pantaleón/Concepción.

### **1.2.2. ESPECÍFICOS**

- A. Describir la organización y función de cada uno de los componentes del departamento de investigación.
- B. Jerarquizar las problemáticas en función de la necesidad de investigación.
- C. Describir el proceso de investigación de la corporación Pantaleón/Concepción.
- D. Determinar los servicios a prestar al área de investigación agrícola.

## **1.3 MARCO REFERENCIAL**

### 1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Con base en la distribución espacial de las fincas y para facilitar su manejo, el Departamento de Investigación Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción, se encuentra dividido en tres zonas clasificadas según la altitud:

- a) Zona alta: > 400 msnm.
- b) Zona Media: 200 a 399 msnm.
- c) Zona Baja: 0 a 199 msnm.

Las oficinas y bodegas del Departamento de Investigación Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción, se encuentran ubicados dentro de las instalaciones del Ingenio Pantaleón, que a su vez se sitúa en la finca del mismo nombre, en el municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla.

**A. El área experimental de la zona alta** está constituida por la finca El Baúl con 50 ha, que se ubica dentro de las coordenadas geográficas: latitud 14° 22' 49 norte y longitud 91° 57' 45 oeste a una altitud de 400 msnm.

**B. El área experimental de la zona media** se encuentra distribuida dentro de las fincas Pantaleón, El Bálsamo y San Bonifacio, situadas al sur de las instalaciones del Ingenio Pantaleón, en el municipio de Siquinalá, del departamento de Escuintla con 180 ha destinadas a investigación y semilleros.

**Cuadro #.1** Ubicación de zonas experimentales en la zona media.

Zona	Finca	Latitud Norte	Latitud Oeste	Altura msnm
Media	Pantaleón	14° 19' 56	90° 59' 35	>251
Media	San Bonifacio	14° 16' 09	91° 03' 32	91- 250
Media	El Bálsamo	14° 16' 40	91° 00' 27	91-250

**Fuente:** Estación meteorológica Mangalito.

**C. El área experimental zona baja** se encuentra distribuida dentro de las fincas, Limones SA y Limones Pantaleón, ubicadas en jurisdicción del municipio de la Gomera, del departamento de Escuintla.

**Cuadro #.2** Ubicación de zona experimental de la zona baja.

Zona	Finca	Latitud Norte	Latitud Oeste	Altura msnm
Baja	Limones	14° 91" 34	91 22"25	< 90
Baja	Limones Pantaleón	14° 84" 34	91° 23"65	< 90

**Fuente:** Estación meteorológica finca Limones S.A.

### 1.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-BIOLÓGICAS.

#### A. CLIMA

##### a. Temperatura

En función a los estratos altitudinales, la temperatura media anual es la siguiente:

18 a 25 °C para el estrato alto, 25 a 30 °C para el estrato medio y de 30 a 34 °C para el estrato bajo.

### b. Precipitación

Los meses más lluviosos son de abril a octubre, mientras que los más secos están entre noviembre a marzo.

**Cuadro #.3** Histórico de precipitación del año 2006 al 2007 en la zona media.

Mes	2006		2007		2008	
	Ppt (mm)	Hrs. Lluvia	Ppt (mm)	Hrs. Lluvia	Ppt (mm)	Hrs. Lluvia
Enero	0.75	0.85	7.5	0.85	20	2
Febrero	2.75	1.87	12.25	2.58	44	7
Marzo	45.25	10.03	149.25	10.03	109	10
Abril	196.25	18.19	123.5	15.47	394	30
Mayo	561	54.74	786.25	58.61	286	41
Junio	792.5	83.13	484.95	44.03	545	61
Julio	712.75	42.76	350.3	44.85	495	65
Agosto	809.5	53.25	563.75	39.78	754	70
Septiembre	785.75	53.71	978.25	76.84	1205	128
Octubre	723.75	47.96	841.25	66.22	462	73
Noviembre	354.75	20.23	46.75	4.76	45	6
Diciembre	0.25	0.17	84.5	3.4	16	2
<b>Total</b>	<b>4985.25</b>	<b>386.89</b>	<b>4428.5</b>	<b>367.42</b>	<b>4374</b>	<b>497</b>

Fuente: Estación meteorológica Mangalito, finca Pantaleón.

### c. Zonas de vida.

Debido a la distribución del área experimental administrada por el Departamento de Investigación Agrícola y en base a la clasificación ecológica de Holdridge, 1979, ésta se encuentra en dos zonas ecológicas bien definidas:

#### A. Bosque Húmedo Subtropical (cálido)

Caracterizada por una precipitación que varía entre 2,000 y 4,000 milímetros y con una biotemperatura, mayor de 24 grados centígrados.

B. Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido)

Caracterizada por una precipitación superior a los 4,000 milímetros y una biotemperatura menor de 24 grados centígrados.

## **B. RECURSOS NATURALES**

### **a. Recursos hídricos**

Las instalaciones del Ingenio Pantaleón, dentro de las cuales se ubica el área de oficinas y bodegas del Departamento de Investigación Agrícola, cuenta con el servicio de agua las 24 horas, proporcionado por un pozo que alimenta un tanque de captación; el agua es conducida al tanque a través de tuberías conectadas a una bomba de agua y por una red de tubería es distribuida en toda la empresa.

Las fincas dentro de las que se distribuye el área experimental Zona media, son atravesadas por los ríos Pantaleón y Agüero, además de contar con algunos riachuelos como el Agüerito, La Parida y El Cabeza de toro (llamados así localmente), sin embargo gran parte del agua utilizada para riego (principalmente en la estación seca) es conducida por un gran número de canales y quineles localizados en puntos estratégicos, con el fin de optimizar y facilitar el manejo hídrico.

Las fincas dentro de las que se distribuye el área experimental Zona baja, poseen varias fuentes hídricas. Las fincas Limones S.A. y Limones Pantaleón, son divididas por el río Agüero. Además de estos ríos, las fincas de esta zona cuentan con diversos riachuelos, varios quineles y canales revestidos y, algunas aguadas, utilizados principalmente en época seca.

## **C. SUELOS**

### **a. Clasificación y Características**

Los suelos del área experimental, según Simmons, 1959, corresponden a la serie Guacalate y Siquinalá.

La serie Guacalate está desarrollada sobre un material original de ceniza volcánica, con una inclinación y drenaje interno moderado. El color es café oscuro de textura franca o franca arcillosa, el espesor aproximado es de 25 a 40 centímetros. El color del subsuelo es café y amarillento oscuro.

La serie Siquinalá está desarrollada sobre material de Toba, con relieve levemente inclinado, con drenaje rápido. Su coloración es gris oscuro y su textura franco con un espesor de 25 a 40 centímetros.

## **D. FERTILIDAD**

Estos suelos son muy pocos profundos y son derivados a partir de un lodo volcánico conocido técnicamente como Lahar que esta zona se llama Talpetate. Este suelo tiene un pH que varía de 5 a 5.5 con fertilidad media y un alto contenido de materia orgánica.

### **1.3.3 METODOLOGÍA**

El procedimiento empleado para la elaboración de esta diagnóstico se describe a continuación:

#### **A. OBSERVACIÓN**

Esta etapa fue la llevada a cabo durante las visitas de campo a todas las zonas experimentales, fue la que marco el inicio de la investigación de campo y colecta de información. Se baso principalmente en el reconocimiento visual de las áreas experimentales usadas por el departamento de investigación.

## **B. RECORRIDOS INTERNOS**

Se realizaron recorridos a todas las áreas destinadas a investigación, esto con el objeto de fundamentar la etapa de observación.

## **C. ENTREVISTAS**

Estas fueron realizándose conjunto con las dos etapas anteriores, de tal manera que a través del conocimiento del personal se pudo establecer, delimitar y evaluar las áreas con proyectos en ejecución más importantes.

Las entrevistas realizadas fueron semi-estructuradas, obteniéndose la información durante las visitas de campo.

## **D. REVISION DE LITERATURA**

Aquí se fundamentó información secundaria complementando lo obtenido en campo.

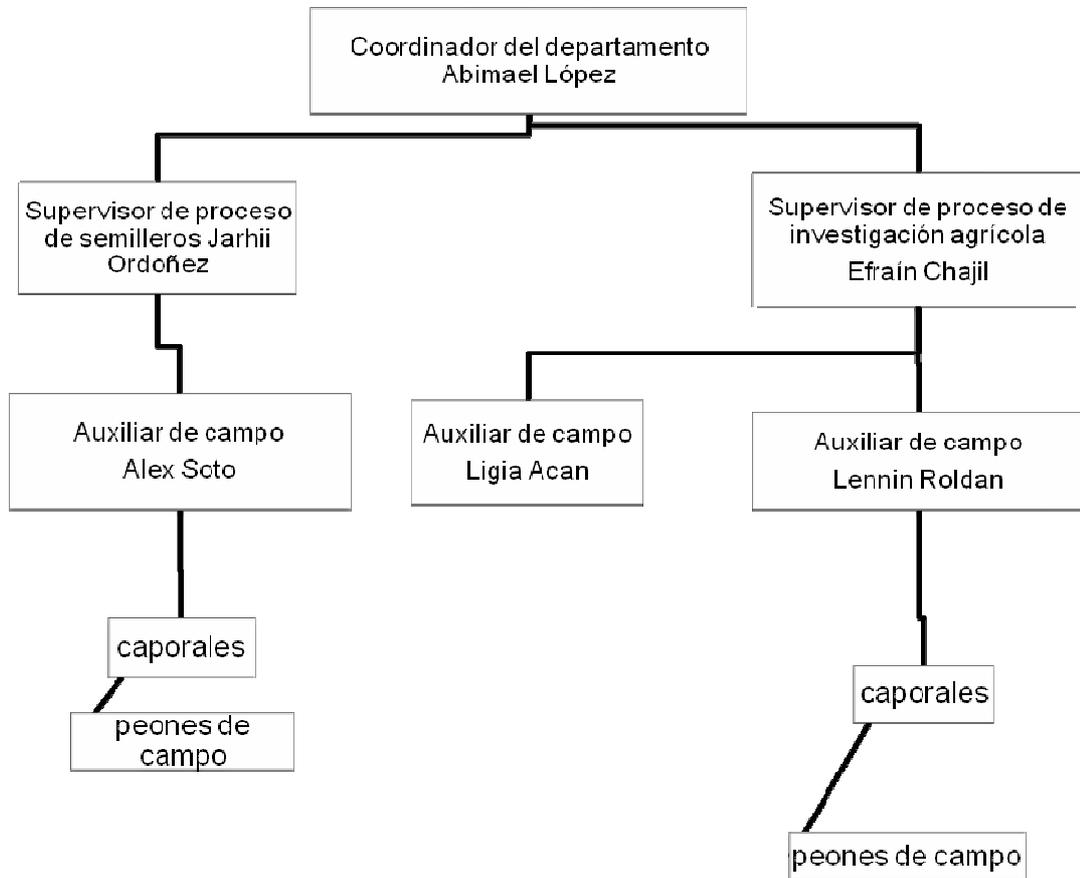
Todas y cada una de las etapas descritas anteriormente fueron de vital importancia para la obtención de los resultados, debiéndose analizar todas y cada unas de manera integrada para poder concluir.

## **1.4 RESULTADOS**

### **1.4.1 ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRICOLA**

El Departamento de Investigación Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción se encuentra distribuido administrativamente de acuerdo al siguiente organigrama.

### 1.4.1.1 ORGANIZACIÓN



**Figura #.1.** Organigrama general, Departamento de Investigación Agrícola, Pantaleón.

## A. PERSONAL TÉCNICO

### A.1 COORDINADOR DEL DEPARTAMENTO

De acuerdo con el sistema de gestión de la calidad implementado en el año 2007 es responsabilidad del coordinador de Investigación Agrícola y el Jefe de Agronomía, identificar y priorizar las oportunidades de mejoras de los procesos agrícolas, que requieran validación y desarrollo para su implementación comercial.

## **A.2 SUPERVISORES DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA**

### **a. MISION DEL PUESTO**

Supervisar las actividades realizadas en los diferentes ensayos y supervisar que las actividades se realicen según las especificaciones para conocer las características de las diferentes variedades de caña y productos utilizados con el fin de obtener una mayor producción en los cultivos y un manejo adecuado en cuanto a la variedad a tratar.

## **A.3 AUXILIARES DE CAMPO**

Sus funciones son asistir en la realización de programa de labores a los distintos ensayos experimentales, realización de base de datos, interpretación y análisis de resultados para la elaboración de documentos y presentaciones de ensayos.

## **B. PERSONAL OPERATIVO:**

### **B.1 CAPORALES**

Su función consiste en distribuir las tareas de campo, supervisar el trabajo realizado por el personal a su cargo, elaborar los reportes requeridos, velar porque su personal cumpla con los horarios de trabajo establecidos, llevar registros de labores realizadas. Reportar las actividades realizadas.

Actualmente el Departamento posee 2 caporales (uno para cada uno de los procesos).

### **B.2 PEÓN DE CAMPO**

Su función consiste en realizar las tareas de campo, necesarias en la implementación de ensayos.

## **1.4.1.2 ESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA:**

Con base en las responsabilidades del Departamento y especificidad de los proyectos que realiza, se establecen las siguientes procesos:

## **A. PROCESOS DE SEMILLEROS**

Debido a que más del 35% de la tierra que posee la Corporación Pantaleón Concepción, se encuentra cultivada con la variedad CP72-2086 y ante el inminente progreso evolutivo de plagas y enfermedades, se acrecienta la necesidad de desarrollar nuevas variedades, que cuando llegan a formar parte del inventario de la corporación, el proceso de semilleros es el encargado de la propagación, manejo y distribución a las administraciones, de las fincas.

### **Responsabilidades:**

- a) Proporcionar la cantidad de semilla necesaria para todas las administraciones de las fincas según sus requerimientos anuales de variedades a usar según plan de renovaciones, por zonas agrícolas de producción.
- b) Proveer de semilla libre de enfermedades de mayor importancia, tales como el raquitismo de la caña y escaldadura (*Xanthomonas albilineans*).
- c) Proporcionar un adecuado manejo agronómico a las variedades en incremento.
- d) Velar por el cumplimiento de las evaluaciones de productividad, enfermedades y plagas, programadas, para las pruebas regionales.

### **Metas y objetivos:**

- a) Distribuir nuevas variedades en el área de la Corporación.
- b) Promover el incremento de variedades nuevas.
- c) Incrementar la productividad, mediante la explotación de variedades con mayores rendimientos en toneladas de caña por hectárea.
- d) Reducir los costos de producción, mediante la explotación de nuevas variedades.
- e) Cumplir con cabalidad y en su debido tiempo con los pedidos hechos por las administraciones.

Actualmente el proceso de semilleros cuenta con 200 has. sembradas, distribuidas en las diferentes zonas de la Corporación Pantaleón/Concepción, siendo las áreas de mayor importancia: Concepción, Limones, El Bálsamo, San Bonifacio, Pantaleón. Esta área es la que utiliza para cumplir el compromiso de suplir los requerimientos de las administraciones. Dentro de las variedades más solicitadas se puede mencionar la CP88-1165 con aproximadamente un 30% del área sembrada, la CP73-1547 y CP72-1312, por lo tanto con estas nuevas variedades se estima que para la zafra 2009-2010, no se tendrán semilleros de la variedad CP72-2086.

## **B. PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

En esta área realizan diversos ensayos sobre el manejo agronómico de la caña de azúcar. Para finalmente ser transferidos a las administraciones de la Empresa.

### **A. Responsabilidades:**

- a) Establecer ensayos sobre manejo agronómico del cultivo.
- b) Contribuir al desarrollo e implementación de abonos verdes en la fertilización de cañales.
- c) Buscar de la reducción de costos en control de malezas.
- d) Desarrollar de un programa de fertilización eficiente.
- e) Divulgar y transferir los resultados obtenidos.

### **B. Metas y Objetivos:**

Según el instructivo de sistema de gestión de la calidad de Pantaleón (2007), los objetivo de la Corporación Pantaleón/Concepción son:

- a) Incrementar la productividad, mediante el establecimiento de nuevas prácticas agrícolas en el cultivo.
- b) Reducir los costos de producción, por medio de la transferencia de nuevas tecnologías en el manejo agronómico.

- c) Proveer información sobre el desarrollo de nuevas técnicas agrícolas propuestas por asesores internacionales, y personal técnico de la corporación.
- d) Brindar apoyo al centro de investigación CENGICAÑA en la coordinación de actividades para la evaluación de plagas del suelo, herbicidas, fertilización, madurantes y otros.

#### **1.4.2 ÁREA DISPONIBLE PARA ENSAYOS**

Con base a los ensayos experimentales 2007-2008, el área que administra actualmente el proceso de Investigación Agrícola es de 280 ha. aproximadamente, en su totalidad propiedad de la Corporación Pantaleón/Concepción.

Estas 280 ha incluyen ensayos de variedades, fertilidad, de riegos, plagas, etc., pero solamente a nivel de parcelas no mayores de 2 ha, también se tienen aprox. 60ha. más de terreno con ensayos experimentales ubicados en campos comerciales, que no están codificados dentro de investigación agrícola, por lo tanto los encargados del manejo en estas áreas son las administraciones de las fincas. Los ensayos comerciales son aquellos que tienen una extensión mayor de 30 Has

Actualmente el proceso de investigación maneja 29 ensayos experimentales, distribuidos en un 80% dentro de las Fincas San Bonifacio y el Bálsamo, y el 20% restante en las fincas: Limones, Playa Grande, Verapaz, El Baúl, Concepción.

Según Chajil, E. (2008) dentro de los ensayos de mayor importancia se puede mencionar, aquellos que involucran el incremento de nuevas variedades (pruebas regionales), ya que aproximadamente un 60% del esfuerzo del proceso de investigación son para este tipo de ensayos.

### **1.4.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Es responsabilidad del supervisor de investigación y Auxiliar de campo II, elaborar el protocolo para la investigación de acuerdo a las regulaciones de la certificación ISO 9000 de la Corporación. Las sugerencias y requerimientos de investigaciones que provienen de CENGICAÑA son realizadas a través de un protocolo el cual es revisado por el coordinador de investigación agrícola registrándolo con un código correspondiente como documento externo.

El proceso de investigación se inicia con la selección de los temas a investigar. Estos se originan por iniciativa de los técnicos del departamento de Agronomía y por requerimientos o sugerencias de los jefes de procesos de las diversas Áreas Agrícolas, técnicos involucrados en los procesos, CENGICAÑA y proveedores para a) preveer y solucionar problemas que afectan la productividad, b) proporcionar alternativas que incrementen la productividad.

#### **A. Instalación del ensayo**

Es responsabilidad del supervisor de investigación agrícola:

- a) Elaborar el protocolo de la investigación a realizar.
- b) Seleccionar el lote donde se realizará el ensayo basado en los requerimientos establecidos dentro del protocolo.
- c) Realizar la investigación de acuerdo a la metodología establecida en el protocolo.

#### **B. Elaboración de informes de resultados:**

Es responsabilidad del CIA (coordinador de Investigación Agrícola) y/o SIA (supervisor de Investigación Agrícola) y del Auxiliar de Campo realizar el informe escrito de resultados de la investigación realizada de acuerdo a la siguiente estructura.

- A. Título propuesto de la investigación.
- B. Código de la investigación.
- C. Fecha de elaboración.
- D. Introducción.
- E. Justificación
- F. Objetivo general y objetivos específicos.
- G. Marco teórico.
- H. Metodología
- I. Resultados y discusión.
- J. Conclusiones.
- K. Recomendaciones.
- L. Bibliografía.
- M. Apéndices.

#### **1.4.3.1 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS**

Es responsabilidad del coordinador de Investigación Agrícola, publicar los resultados parciales o finales de la investigación, esto se realiza en tres formas:

- a) Entrega de informe a los interesados: Se debe hacer del conocimiento de los interesado en este caso quien solicitó la investigación, los resultados de la investigación, dando a conocer las conclusiones y recomendaciones del mismo, definiendo la posibilidad de aplicar en forma comercial la tecnología.
- b) Publicación en la Semana Científica: Se debe de planificar la publicación de los resultados de las investigaciones más importantes realizadas durante el año anterior. La Semana Científica esta dirigida a jefes de procesos y técnicos del área agrícola y se lleva a cabo anualmente durante el mes de septiembre.
- c) Publicación en intranet: todos los informes deben ser publicados en intranet para que puedan ser consultados por el personal en general de la corporación.

### 1.4.3.2 ÁREA DE INCREMENTO DE VARIEDADES:

El establecimiento de una nueva variedad de caña de azúcar, conlleva una serie de fases (con un año de duración cada una), a las cuales se les realizan una serie de evaluaciones, en cooperación con CENGICAÑA.

El manejo que se le proporciona a cada fase, para el incremento de variedades, es el siguiente:

#### A. Estado I

- a) Los híbridos o clones correspondientes a esta fase, los produce CENGICAÑA.

#### B. Estado II

- b) Se revisan las variedades marcadas en las áreas destinadas para corte.
- c) Seguidamente se corta la semilla haciendo paquetes, los cuales se identifican. Posteriormente se traslada la semilla al lugar de la siembra.
- d) A continuación se realiza la siembra de cada paquete en un surco de cinco metros lineales.
- e) Se proporciona el manejo de cultivo al ensayo (fertilización, control manual de malezas, riego, etc.)
- f) Se muestrea utilizando refractómetro, la cantidad de brix de cada variedad y se sistematiza esta información para su posterior análisis (personal de CENGICAÑA).
- g) Finalmente, se le solicita a CENGICAÑA el listado de variedades seleccionadas, y en función de esto, se seleccionan y marcan con cintas de nylon rojo las variedades promisorias para la siguiente fase.

#### C. Estado III

- a) se revisan las variedades marcadas de la fase anterior, en las áreas destinadas para corte.
  
- b) se procede a cortar la semilla haciendo seis paquetes de veinte esquejes cada uno, a los cuales se les identifica con etiquetas. para luego trasladar la semilla al lugar de la siembra.

- c) la actividad siguiente es la siembra, la cual se efectúa sembrando dos paquetes de veinte esquejes en dos surcos de cinco metros lineales, los cuales se replican tres veces.
- d) se realizan lecturas de población, crecimiento y diámetro a los seis y nueve meses de edad.
- e) se realiza lectura de floración y corcho en el mes de diciembre.
- f) se efectúa muestreo de precosechas (cinco tallos por muestra) quince días antes del corte de semilla, y además se pesa cada muestra.
- g) se le brinda manejo de cultivo al ensayo.
- h) las informaciones obtenidas de las lecturas y muestreos, se anotan en un libro de campo, para luego ser entregado a CENGICAÑA.
- i) finalmente se solicita a CENGICAÑA el listado de variedades seleccionadas, y en función a esto, se seleccionan y marcan con cintas de nylon rojo, las variedades promisorias para la siguiente fase.

#### **D. Estado IV**

- a) Al igual que en las fases anteriores, ésta inicia con la revisión de las variedades marcadas en las áreas destinadas para corte.
- b) A continuación se realiza el corte de semilla, haciendo veinte paquetes de treinta esquejes cada uno, los cuales se identifican con etiquetas, para luego trasladar la semilla al lugar de la siembra.
- c) Posteriormente se lleva a cabo la siembra, ésta se efectúa colocando los veinte paquetes en diez surcos de veinte metros de largo cada uno.
- d) A los seis y nueve meses de edad se realizan lecturas de población, crecimiento y diámetro.
- e) En el mes de diciembre se realiza lectura de floración y corcho.
- f) Quince días antes del corte de semilla, se realiza muestreo de Precosechas (cinco tallos por muestra) en donde además se pesa cada muestra.
- g) De la misma forma que en las fases anteriores, en ésta se proporciona manejo de cultivo al ensayo.

- h) Los datos obtenidos de las lecturas y muestreos se recopilan en libros de campo. Los cuales se entregan a CENGICAÑA.
- i) Finalmente se solicita a CENGICAÑA el listado de variedades seleccionadas, y se marcan con cintas de nylon rojo, las variedades promisorias para la siguiente fase.

#### **E. Pruebas regionales:**

Con este nombre se identifica fase V, siendo su proceso de implementación, el siguiente:

- a) Primero se revisan las variedades marcadas en las áreas destinadas para corte.
- b) A continuación se efectúa el corte de semilla, haciendo veinte paquetes de treinta esquejes cada uno, los cuales se identifican con etiquetas. Después se traslada la semilla al lugar de la siembra.
- c) La siembra se efectúa, colocando cinco paquetes por parcela ( $75\text{m}^2$ ), replicadas cuatro veces.
- d) A los tres, seis, y nueve meses de edad, se efectúa muestreo de enfermedades.
- e) A los seis y nueve meses de edad, se le realiza muestreo de población, crecimiento y diámetro.
- f) Generalmente, en el mes de diciembre se realiza lectura de floración y corcho.
- g) Quince días antes del corte de semilla, se realiza muestreo de precosechas (cinco tallos por muestra), y además se pesa cada muestra.
- h) Al igual que en las fases anteriores, se le proporciona manejo de cultivo, al ensayo.
- i) Los datos obtenidos se recopilan en libros de campo.
- j) Se quema y corta cada parcela del ensayo.
- k) Se pesan los tallos de cada parcela, y se anotan en el registro de campo.
- l) Finalmente se le entrega los libros de campo a CENGICAÑA.

#### **F. Fase VI**

Siembra de variedades que por sus buenos resultados en cuanto a enfermedades, adaptación, rendimiento y producción han llegado a constituirse como variedades promisorias.

#### **G. Fase VII.**

Incremento de variedades promisorias en áreas comerciales, dejando de ser promisorias cuando alcanzan aproximadamente un área mayor al 1% del área total sembrada por la corporación, es aquí donde deja de realizarle muestreos de experimentación.

#### **1.4.3.3 RECURSOS DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA:**

Para llevar a cabo sus actividades el Departamento de Investigación Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción, tiene disponibilidad de los siguientes recursos:

##### **A. Inmobiliario y equipo**

- a) 3 computadoras
- b) 7 sillas
- c) 3 escritorios

##### **B. Vehículos:**

- a) 3 motocicletas
- b) 3 pickups
- c) 2 auto buses

##### **C. Maquinaria agrícola**

- a) 1 tractor
- b) 1 alzadora
- c) 1 jaula
- d) 1 camión

**D. Maquinaria pesada**

Es solicitada en función de las necesidades del Departamento.

**E. Bodegas**

Una para el proceso de semilleros y la otra para el departamento de investigación.

**F. Estación Meteorológica tipo B, Mangalito, finca Pantaleón**

Es una estación tipo A, se encuentra ubicada dentro de la Finca Pantaleón a 500 mts de la carretera internacional.

#### 1.4.4 JERARQUIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

**Cuadro #. 4** Análisis FODA del área de investigación agrícola, ingenio Pantaleón.

<b>Análisis FODA</b>	
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
a) Es un departamento sólido y bien organizado.	a) Capacitaciones constantes de buen nivel académico en CENGICAÑA.
b) Tiene metas establecidas anualmente.	b) Investigar conjunto con profesionales de CENGICAÑA.
c) Cuenta con una semana científica, para divulgación de resultados.	c) Trabajar conjunto con los demás ingenios de la Corporación.
d) Es indispensable al momento de la introducción de nuevas tecnologías en el área agrícola.	d) Diversificación de investigaciones, en todas las ramas de la tecnología agrícola.
e) Tiene un presupuesto amplio en comparación con otras empresas.	e) Capacidad de asesorías por parte de asesores nacionales e internacionales.
f) Los jefes y supervisores son personal con mucha experiencia y dominio en el manejo de investigaciones.	
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
a) Falta de personal capacitado, para trabajos de gabinete.	a) Sujeto a constantes recortes de presupuesto, debido a precios del azúcar.
b) Se encuentran sujetos a poco personal para la tabulación y manejo de paquetes estadísticos.	b) Alto riesgo de pérdidas de ensayos por factores externos. (quemaduras accidentales, lluvias, viento, etc. )
c) El personal no recibe el incentivo que todo investigador debe de tener.	c) No cumplir con los requerimientos hechos por las autoridades.
d) Falta de transporte para largas distancias para todo el personal.	
e) Es un departamento pequeño en relación al tamaño de la empresa.	

#### **1.4.5 SERVICIOS E INVESTIGACIÓN A REALIZAR EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, CORPORACION PANTALEÓN/CONCEPCIÓN.**

- A. Iniciar y promover el desarrollo de una investigación enfocada a la fertilización foliar en el proceso de semilleros, aprovechando los recursos con los que se cuenta como subproductos de la destilería (vinaza), con el objeto de diversificar su uso y reducir costos.
  
- B. Apoyar al personal de investigación como un miembro mas, para poder realizar proyectos que se están llevando a cabo actualmente y proyectos a realizar:
  - a. Efecto de la vinaza en la reducción de la dosis de fertilizante nitrogenado aplicado en caña de azúcar.
  - b. Determinación del porcentaje de germinación de 18 variedades de caña de azúcar de la Corporación Pantaleón/Concepción.
  
- C. Apoyar en los proyectos que actualmente se están desarrollando, ya que el personal laboral se hace escaso para la cantidad de información que se maneja.

## 1.5 CONCLUSIONES

En base a los objetivos se concluye:

- a) El departamento de Investigación Agrícola cuenta con apoyo económico por parte de la gerencia agrícola, sin embargo, se hace evidente la falta de personal capacitado en el manejo e interpretación de datos recargando sobre el poco personal las investigaciones actuales.
- b) El departamento de Investigación Agrícola está organizado así: coordinador, que identifica y prioriza las oportunidades de mejora, supervisores quienes supervisan las actividades en los diferentes ensayos, auxiliares de campo que asisten en la realización del programa de labores a los distintos ensayos, caporales los cuales distribuyen las tareas de campo y peones quienes realizan las tareas de campo.
- c) Existen diversas necesidades de investigación, sin embargo, el proceso de semilleros tiene una brecha de oportunidad ya que los semilleros pueden ser utilizados como áreas para diversas investigaciones principalmente en el manejo de fertilizantes.
- d) Los servicios programados para el período del ejercicio profesional supervisado son: Efecto de la vinaza en la reducción de la dosis de fertilizante nitrogenado aplicado en caña de azúcar. Y determinación del porcentaje de germinación de 18 variedades de caña de azúcar de la Corporación Pantaleón/Concepción.

## 1.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Chajil, E. 2008. Descripción de las actividades del Área de Investigación Agrícola (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón, S.A.
2. Corporación Pantaleón/Concepción, GT. 2007. Sistemas de gestión de la calidad: procedimientos, instructivos y documentación general. Guatemala. 10 p.
3. Holdridge, L. 1979. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 490 p.
4. López, J. 2008. Descripción de las actividades del Departamento de Investigación Agrícola (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón, S.A.
5. Ordóñez, J. 2008. Descripción de las actividades del Área de Investigación Agrícola (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón, S.A.
6. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p

## **CAPITULO II.**

**Evaluación de la combinación vinaza y nitrógeno como fertilizante foliar en semilleros vegetativos de caña de azúcar (*saccharum spp*), Corporación Pantaleón/Concepción, Siquinalá, Escuintla.**

**Evaluation of combining vinaza and nitrogen as foliate fertilizer in sugar cane seedbeds (*saccharum spp*), in Pantaleón/Concepcion, Siquinala, Escuintla.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala es una actividad de alto impacto económico y social. Este cultivo ocupa una extensión de 216,000 hectáreas según lo reportado en el boletín estadístico de CENGICAÑA (2007-2008). En el último año el incremento en las exportaciones ha colocado al azúcar como el segundo renglón más importante de la economía del país en cuanto a generación de divisas se refiere, constituyendo el 26 % del total de estas. El Banguat reportó un ingreso de divisas para el 2006 de US\$ 550.5 millones. (Morales, 2008)

Actualmente la Corporación Pantaleón-Concepción cuenta con 47,000 ha sembradas con caña de azúcar, las cuales son abastecidas de semilla vegetativa (esquejes) por el departamento de investigación. Esta semilla es vital a nivel de reproducción, para la incorporación comercial de variedades comerciales y aún no comerciales.

El proceso de semilleros cuenta con 200 ha de semilla vegetativa de diferentes variedades sembradas, las cuales son fertilizadas con productos foliares, con alto contenido de potasio. Dichas aplicaciones ascienden a un costo de Q. 320.00 ha (Sistema de gestión de la calidad Corporación Pantaleón-Concepción 2007).

La corporación Pantaleón/Concepción cuenta con una planta destiladora de etanol, la cual es abastecida con melaza de la fábrica, de aquí se obtiene la vinaza, que es un efluente de la destilería, la cual produce entre 12-15 l. de vinaza por cada litro de etanol producido, producto que si es mal manejado puede tener un alto poder contaminante en el recurso suelo y agua. Es importante resaltar que este producto contiene altas concentraciones de potasio (6500 ppm).

Con base a lo anteriormente mencionado se planteó la presente investigación con el objetivo de evaluar la combinación de vinaza pura y diluida en agua en las relaciones (1:1 y 1:2) y nitrógeno en tres concentraciones (5000, 10000 y 15000 ppm), como fertilizante foliar en la producción de semilla vegetativa de caña de azúcar. Finalmente se analizó económicamente la implementación de esta forma de fertilización,.

Se encontró que el aprovechamiento de la vinaza pura considerado como desecho en combinación con el nitrógeno, mostro beneficios agronómicos y económicos aplicado como fertilizante foliar en la producción de semilla vegetativa de caña de azúcar. La

combinación de vinaza pura y 15000 ppm. de nitrógeno (T3), produce efectos positivos en la producción de semilla vegetativa (11.85 Kg. /paquete de 30 esquejes). superando en un 10.35% al tratamiento utilizado convencionalmente en la finca (tratamiento relativo). Aceptando la hipótesis planteada. El tratamiento vinaza pura + 15000 ppm de N (T3) es económicamente superior a los demás tratamientos, presentando una tasa marginal de retorno de 44.66%.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 FERTILIZACIÓN FOLIAR**

La fertilización foliar es una actividad conocida desde hace mucho tiempo y que actualmente es la base de la producción en varios cultivos pero, en el cultivo de la caña de azúcar ha tenido muy poca promoción y aceptación, desaprovechándose todos los beneficios que nos puede reportar, principalmente en la reducción de costos (Tapia 2008). Actualmente la fertilización foliar es considerada el mejor complemento de la fertilización edáfica, para cubrir las necesidades nutricionales de las plantas (Ronen E. 2005).

La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda (Santos A.1993).

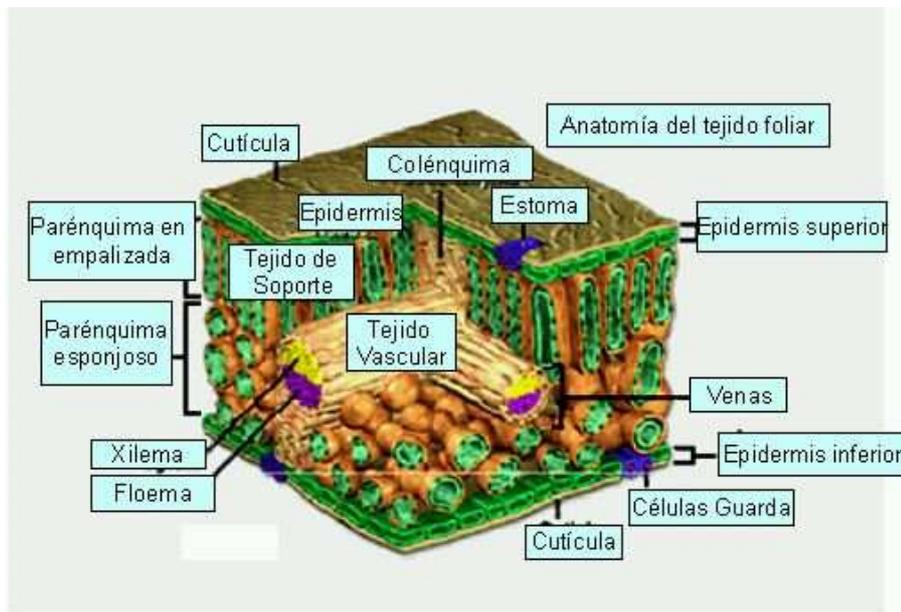
Con la aplicación foliar se superan las limitaciones de la fertilización del suelo tales como: lixiviación, precipitación de fertilizantes insolubles, antagonismo entre determinados nutrientes, suelos heterogéneos que son inadecuados para dosificaciones bajas, y las reacciones de fijación/absorción como en el caso del fósforo y el potasio (Ronen E. 2005).

La nutrición foliar ha probado ser la forma más rápida para curar las deficiencias de nutrientes y acelerar el desarrollo de las plantas en determinadas etapas fisiológicas. Con el cultivo compitiendo con las malezas, la pulverización foliar focaliza los nutrientes sólo en aquellas plantas seleccionadas como destino (Ronen E. 2005).

Los fertilizantes aplicados en la superficie de las hojas (canopia), deben afrontar diversas barreras estructurales, a diferencia de los pesticidas, que están principalmente basados en aceite y que no presentan dificultades para penetrar en este tejido. Los fertilizantes que están basados en sales

(cationes/aniones) pueden presentar algunos problemas para penetrar las células interiores del tejido de la planta. La estructura general de la hoja está basada en diversas capas, celulares y no celulares (Ronen E. 2005).

Las diferentes capas de la hoja (Figura 2.1) proporcionan protección contra la desecación, la radiación UV y con respecto a diversos tipos de agentes físicos, químicos y microbiológicos (Ronen E. 2005).



**Figura #.2** Diferentes capas que conforman una hoja típica.

**Fuente.** Ronen E. Fertilización Foliar.2005.

La hoja es un tejido laminar formada en su mayor parte por células activas (parénquima y epidermis) con excepción del tejido vascular (vasos del xilema que irrigan la hoja de savia bruta) y la cutícula que es un tejido suberizado o ceroso que protege a la epidermis del medio. Desde el punto de vista de su estructura, las partes más importantes de una hoja del haz al envés son: La cutícula, epidermis superior, parénquima de empalizada, parénquima esponjoso, tejido vascular (integrado por células perimetrales, xilema, floema y fibras esclerenquimatosas), epidermis inferior y cutícula inferior. En el envés, en muchos casos existe una capa espesa de vellos, que dificulta el acceso de soluciones nutritivas (Santos A.1993).

## 2.2.2 MECANISMOS DE ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS

En la penetración de nutrientes se pueden definir dos movimientos:

- a) Hacia el tejido desde el exterior, que se conoce como absorción
- b) Desde el punto de penetración hacia otras partes de la planta, conocido como traslado.

La penetración/absorción puede ser realizada a través de diversos elementos que existen en el tejido:

- a) Cutícula
- b) Estomas.
- c) Ectodesmos
- d) Tricomas

#### **2.2.2.1 A TRAVÉS DE LA CUTÍCULA**

La penetración principal se realiza directamente a través de la cutícula y se realiza en forma pasiva. Los primeros en penetrar son los cationes dado que éstos son atraídos hacia las cargas negativas del tejido, y se mueven pasivamente de acuerdo al gradiente – alta concentración afuera y baja adentro. Luego de un cierto período los cationes que se han movido hacia dentro modifican el equilibrio eléctrico en el tejido provocando que éste sea menos negativo y más positivo.

Desde este punto, los aniones comienzan a penetrar el tejido de la misma forma como se ha descrito para los cationes. Dado que la penetración es pasiva, la tasa de difusión a través de la membrana es proporcional al gradiente de concentración, por lo tanto se consigue una concentración alta sin chamuscar el tejido; esto podría mejorar la penetración en forma muy significativa (Ronen E. 2005).

### **2.2.2.2 A TRAVÉS DE LOS ESTOMAS**

La penetración tiene lugar también a través de los estomas, que tienen su apertura controlada para realizar un intercambio de gases y el proceso de transpiración. Se sabe que estas aperturas difieren entre las distintas especies vegetales, en su distribución, ocurrencia, tamaño y forma (Ronen E. 2005).

Se estima que la penetración tiene lugar debido a la alta densidad del poro de la cutícula en las paredes de las células, entre células de guarda y células subsidiarias. Además, los poros cercanos a las células de guarda del estoma parecen tener diferentes características de permeabilidad (Ronen E. 2005).

### **2.2.2.3 A TRAVÉS DE ECTODESMOS**

La pared externa de las células epidermales, debajo de la cutícula, consiste de una mezcla de pectina, hemicelulosa y cera, y tiene una estructura formada por fibras entrelazadas. Dependiendo de la textura de éstas es el tamaño de espacios que quedan entre ellas, llamados espacios interfibrilares, caracterizados por ser permeables al agua y a sustancias disueltas en ella. Después de esta capa se tiene al plasmalema o membrana plasmática, que es el límite más externo del citoplasma. El plasmalema consiste de una película bimolecular de lipoides y está parcial o totalmente cubierto de una capa de proteína.

Las moléculas de lipoides, parcialmente fosfolipoides, tienen un polo lipofílico y un polo hidrofílico; se supone que a través de estos lipoides hidrofílicos penetran los nutrientes. Estos lipoides se pueden prolongar radialmente hacia la pared epidermal, y se conocen como ectodesmos o cordones lipoides que facilitan en gran medida la penetración de los nutrientes (Santos A. 1993).

Tal parece que en una primera instancia, al ser aplicado el nutriente por aspersión, éste se difunde por los espacios interfibrilares en la pared de las células epidermales (difusión), o bien, vía intercambio iónico a través de ectodesmos (ectoteichodes), hasta llegar al plasmalema, lugar donde se lleva a cabo prácticamente una absorción activa como en el caso de la absorción de nutrientes por las raíces. En esta absorción activa participan los transportadores, que al incorporar el nutriente al citoplasma de la célula, forman

metabolitos que son posteriormente translocados a los sitios de mayor demanda para el crecimiento y rendimiento de la planta (Santos A. 1993).

#### **2.2.2.4 A TRAVÉS DE TRICOMAS**

Otro camino por el que los nutrientes pueden penetrar es a través de órganos del tamaño de un cabello conocidos como "tricomas", que son crecimientos epidérmicos de diversos tipos. La importancia de este camino depende de la cantidad de tricomas, posición, su origen y edad de la hoja (Ronen E.2005).

#### **2.2.2.5 TRASLADO DE NUTRIENTES**

Luego de que los iones han penetrado comienza el transporte hacia las diferentes partes de la planta y esto se conoce como traslado. El mismo se realiza mediante dos mecanismos:

- a) Transporte célula a célula, conocido como "movimiento apoplástico"
- b) Transporte a través de los canales vasculares, conocido como "movimiento simplástico".

El movimiento apoplástico describe el movimiento desde una célula hacia la otra. Esto es realizado por tres mecanismos:

- a) El transporte pasivo involucra a la difusión de acuerdo al gradiente y al flujo de masa a través del movimiento agua/fluido entre células.
- b) La absorción por la superficie de la membrana citoplasmática por medio de los plasmodesmos, que son canales microscópicos que conectan una pared de la célula con otra permitiendo el transporte y la comunicación entre ellas.
- c) El transporte activo (ATP) contra el gradiente, habilitado debido a la inversión de energía de las moléculas ATP (Ronen E. 2005).

El movimiento simplástico, describe la descarga del ion en el sistema vascular. Esta se realiza a través de dos sistemas:

- a) El traslado del floema: es dependiente de la energía y más adecuado para los cationes divalentes ( $C^{2+}$ ); los aniones están muy limitados dado que la pared de la célula está cargada negativamente. El transporte del floema es importante para la distribución desde las hojas maduras hacia las regiones de crecimiento en las raíces y tallos.

El movimiento del floema sigue en forma regular la relación "fuente – consumo", de lugares donde los carbohidratos son creados (fuente) hacia los lugares donde son consumidos (Ronen E.).

- b) El traslado Xilémico – es de flujo regulado y depende de la diferencia de potencial de agua entre el suelo, la hoja y la atmósfera.

### **2.2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FERTILIZACIÓN FOLIAR**

Para el buen éxito de la fertilización foliar es necesario tomar en cuenta tres factores, los de la planta, ambiente y formulación foliar. En relación a la formulación foliar, la concentración de la sal portadora del nutrimento, el pH de la solución, el tamaño de la gota del fertilizante líquido, del nutrimento por asperjar se cita su valencia y el ion acompañante, la velocidad de penetración y la translocabilidad del nutrimento dentro de la planta (Santos A.1993).

Del ambiente se debe de considerar la temperatura del aire, el viento, la luz, humedad relativa y la hora de aplicación. De la planta se ha de tomar en cuenta la especie del cultivo, estado nutricional, etapa de desarrollo de la planta y edad de las hojas (Santos A. 1993).

### **2.2.3.1 RELACIONADOS CON LA SOLUCIÓN FOLIAR**

#### **A. CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

El mayor problema de las pulverizaciones foliares es la sensibilidad de las hojas a una alta concentración de la solución. El abono puede actuar sobre las hojas de un modo corrosivo debido a la acción osmótica (extracción de agua) y otros efectos de forma que el tejido foliar quede afectado, y que se produzca necrosis en algunos puntos. EL nitrógeno tiene una acción osmótica reducida, y es por consiguiente asimilable, pudiendo emplearse en concentraciones de hasta 15%. La solución de N presenta menos problemas, probablemente debido a la baja concentración de amoníaco en el metabolismo.

#### **B. pH**

El pH tiene también sus efectos sobre el tejido. Las cutículas de las plantas son polielectrolitos con puntos isoelectrónicos con valores de alrededor de 3,0. Con valores de pH menores que el punto isoelectrónico, las membranas cuticulares llevan una carga positiva neta y son selectivas a los aniones, y, por el contrario, con valores de pH por sobre el punto isoelectrónico las membranas tienen una carga negativa neta y son selectivas a los cationes (Santos A. 1993).

#### **C. TAMAÑO DE LA GOTA DE ROCIADO**

Los diferentes tamaños de gota pueden afectar la interacción con la superficie objetivo y la posible pérdida de la solución desde la planta seleccionada. Gotas más grandes pueden resistir la pérdida pero disminuyen la penetración a través del follaje (canopia) de la planta (Ronen E. 2005).

#### **D. TENSIÓN DEL AGUA DE LA SOLUCIÓN**

La disminución en la tensión superficial interfacial de una gota de agua incrementa los sitios de exposición para la absorción en dirección a la hoja. Una tensión del agua inferior también mejora la penetración a través del estoma (Ronen E. 2005).

### **2.2.3.2 RELACIONADAS CON EL AMBIENTE**

#### **A. TEMPERATURA**

Cuando la deshidratación de la solución no es un factor limitante, el aumento de la temperatura aumenta la absorción. La temperatura puede tener relaciones negativas con la humedad, cuando la temperatura disminuye, la humedad puede aumentar. Otra idea expresa que la temperatura puede afectar en la viscosidad de la cutícula, pudiendo así variar la tasa de penetración (Ronen E. 2005).

#### **B. LUZ, HUMEDAD RELATIVA Y HORA DE APLICACIÓN.**

Estos tres factores deben de tomarse en cuenta en la práctica de fertilización foliar. La luz es un factor importante en la fotosíntesis y para que una planta pueda incorporar nutrimentos en los metabolitos se requiere de un proceso fotosintéticamente activo en la planta.

La humedad relativa influye en la velocidad de evaporación del agua que se aplica. Por consiguiente, una alta humedad relativa del medio favorece la penetración de los nutrimentos al mantener húmeda la hoja. Este último factor está relacionado con la hora de aplicación, la cual debe de practicarse o muy temprano o en las tardes, según las condiciones de la región (Santos A. 1993).

### **2.2.3.3 RELACIONADOS CON LA PLANTA**

#### **A. EDAD DE LA HOJA**

A medida que la hoja envejece tiende a engrosar y a tener una mayor cantidad de cera y un tejido de cutícula más amplio. Esta barrera aumentada reduce la tasa de penetración (Ronen E. 2005).

#### **B. DISPOSICIÓN DE LAS HOJAS**

El ángulo de la hoja en dirección al suelo tiene influencia en la retención de la solución de rociado en la superficie de la hoja (Ronen E. 2005).

### **C. PLANTAS DE DIFERENTES ESPECIES**

Las plantas pueden dividirse en aquellas que crecen en hábitats húmedos (hidromórficos) y en hábitats secos (xeromórficas) y difieren en el grosor de la cutícula, la posición de los estomas (adaxial = lado superior / abaxial = lado inferior), y su forma (Ronen E. 2005).

#### **2.2.4 SOLUBILIDAD DE FERTILIZANTES**

Los fertilizantes sólidos presentan variaciones en su tasa de disolución. La solubilidad aumenta en la medida en que se tienen temperaturas más altas y menor pH en la solución. Cuando se disuelven fertilizantes es recomendable llenar la mitad del tanque con agua y agregar lentamente fertilizante seco con agitación constante. Luego continúe agregando fertilizante y llenando el tanque con agua. Es bien conocido que la mayoría de los fertilizantes absorben calor del agua durante la disolución, de esta forma disminuye la temperatura en una reacción endotérmica (Marcon 2007).

Los fertilizantes pueden clasificarse de acuerdo a diversos criterios, pero en principio para ser adecuados a la fertirrigación deben ser solubles. En cuanto se refiere al uso con el riego, se clasificaran en dos clases (INTA 2008):

- a) Fertilizantes líquidos abastecidos en forma de soluciones saturadas listas para usar sin necesidad de tratamientos previos. Si bien estos en general contienen menor concentración de nutrientes aumentando el costo de transporte y almacenamiento, su manejo en fertirriego es más cómoda que con los fertilizantes sólidos.
- b) Fertilizantes sólidos, fácilmente solubles que deben disolverse antes de comenzar la fertilización; el factor de solubilidad es distinto para cada tipo y composición, y generalmente aumenta con la temperatura.

Los dos tipos pueden ser simples o compuestos, desde el punto de vista de la composición de los nutrientes. Los fertilizantes simples contienen un solo nutriente y los compuestos contienen al menos dos o varios elementos nutritivos, a veces también microelementos. Estos últimos muchas veces están formulados para distintos etapas del desarrollo de un cultivo. El proveedor elige los grados variando las proporciones de N-P-K, de forma de preparar un programa de fertilización, es decir distintas formulaciones sincronizadas con las necesidades del cultivo (INTA 2008).

De un fertilizante sólido interesa saber en primer lugar su solubilidad que como se dijo depende de la temperatura no sólo en su porcentaje máximo, sino que temperatura genera a una determinada concentración. Muchos fertilizantes al disolverse aumentan la temperatura de la solución (Reacción exotérmica) y otras la disminuyen (Reacción endotérmica). Con esta información al prepararse una solución multinutrientes deben disolverse los de reacción exotérmica para facilitar la disolución de los segundos (INTA 2008).

#### **2.2.4.1 NITROGENADOS**

El Nitrógeno es el principal nutriente que debe considerarse en la provisión por el riego, es el más fácil de manejar en fertirriego ya que hay muchas fuentes solubles y baratas.

El nitrato de amonio es quizá el fertilizante más popular para fertirriego. Otra característica es que no presenta elementos tóxicos ni deja residuos en el suelo; baja el pH del agua de riego.

Si alguna sal presenta impurezas como el nitrato de calcio, se debe disolver independientemente y esperar la decantación para colocar el líquido sobrenadante en el tanque correspondiente (INTA 2008).

#### **2.2.5 VINAZA**

La vinaza es un líquido residual proveniente de la destilación del mosto fermentado. Este mosto puede ser preparado apenas con jugo primario, jugo evaporado (primera maza), miel fina diluida con jugo primario o miel fina diluida con agua. Dependiendo del mosto tendremos una vinaza con características diferentes, siendo la vinaza de miel fina la que presenta mayores cantidades de materia orgánica, potasio y los otros compuestos de la vinaza (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006.)

La vinaza no contiene cantidades nocivas de metales pesados o sustancias orgánicas que puedan causar daños al suelo, plantas y animales; es mas no las pueden tener, porque si las tuvieran la fermentación alcohólica no sería viable.

El problema de la polución de la vinaza es debido a la materia orgánica que tiene, al entrar en contacto con alguna fuente de agua (río, lago, o estanques, etc.). Esta materia orgánica de la vinaza está compuesta de sustancias orgánicas de fácil oxidación (descomposición) y cuando entra en contacto con fuentes de agua, es ávida por el consumo de oxígeno

disuelto en el agua, que lo utiliza para la oxidación de las sustancias orgánicas, convirtiendo la fuente de agua en un medio anaeróbico, siendo impropio para la vida de peces y otros organismos acuáticos. Por lo tanto para poder descargar vinaza en fuentes de agua es necesario reducir mucho su demanda biológica de oxígeno (DBO) (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006).

Cuando la vinaza es puesta en el suelo, en cantidades compatibles con su tasa de descomposición, la oxidación es mucho más rápida que en el agua y esto hace que las condiciones del suelo no sean anaeróbicas, de esta manera la adición de vinaza en el suelo no provoca los olores característicos y desagradables que son provenientes de la fermentación anaeróbica y su consecuente producción de derivados de azufre, los cuales forman en estas condiciones debido a que la vinaza es rica en sulfatos (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006).

Dentro de las características inorgánicas de la vinaza los compuestos más importantes por sus cantidades en ella son el Potasio, el Fósforo y el mismo Calcio para la recuperación de suelos infértiles de acuerdo a un manejo sostenible en sus aplicaciones (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006).

## **2.2.6 ALTERNATIVAS DE USO RACIONAL DE LA VINAZA**

Debido a la necesidad de encontrar una solución al manejo de la vinaza, se realizaron investigaciones en caña de azúcar sobre las principales alternativas de uso que se le están dando en otros países para poder aprovechar sus conocimientos y poder realizar puntos más concretos, entre los cuales se mencionan (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006).

### **2.2.6.1 USO DE LA VINAZA COMO FERTILIZANTE DIRECTO (LÍQUIDO O CONCENTRADO)**

En Guatemala nuestros suelos son muy ricos en Potasio y por ello la posibilidad de consideración de esta práctica para nuestro país como una buena oportunidad es muy limitada, absorbiendo una cantidad mínima de vinaza para áreas cercanas al Ingenio y con la posibilidad de utilizar más de este material como fertilizante pero a grandes distancias

que encarecen el proyecto (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006). No se recomienda sin embargo su empleo en forma pura, ya que se ha demostrado que induce quema de las plantaciones (Chávez M. 1999).

#### **2.2.6.2 USO DE LA VINAZA COMO FERTILIZANTE PREPARADO CON COMPOST**

En Guatemala se desconoce bastante esta práctica del compost, pero en la experiencia en otros países lo presentan como otra manera de utilizarlo como fertilizante, principalmente en los cultivos orgánicos e invernaderos.

Respecto a la hechura de este compost (cachaza + vinaza), es en la India quienes han trabajado y han tenido buenos resultados, solamente que uno de los factores limitantes es la distancia al traslado de los materiales a la zona de hechura y zona de aplicación posterior encarece mucho la actividad, y principalmente es la cantidad de agua que contienen ambos elementos, por lo que en dicha preparación utilizan parte de bagazo para realizar la mezcla y que en nuestro caso la totalidad del bagazo se utiliza en las calderas (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006).

#### **2.2.7 CONSECUENCIAS DE APLICAR DOSIS ALTAS DE VINAZA EN LOS SUELOS**

Los estudios que fueron realizados en Brasil, en donde por algún tiempo y en algunas fábricas se utilizó un exceso de vinaza en las aplicaciones, comprobaron que:

- a) En dosis excesivas y que llegan a causar dificultades de infiltración en el suelo, debido al encharcamiento en la superficie, pueden ocurrir formaciones de olores desagradables debido a que en estas pequeñas posas pueden ocurrir fermentaciones anaeróbicas (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006).
- b) Áreas que reciben dosis elevadas y continuas de vinaza aumenta considerablemente la salinidad del suelo, consecuentemente aumenta la presión osmótica de la solución del suelo, causando en los períodos secos una mortandad prematura de las cepas (Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006).

## **2.2.8 LOS AMINOÁCIDOS DE LA VINAZA EN FERTILIZACIÓN FOLIAR CON VINAZA**

Las proteínas y los aminoácidos de la vinaza pueden jugar un papel muy importante en la fertilización foliar. La vinaza se puede hidrolizar para que la mayor parte de la proteína se fragmente a aminoácidos. Estos no solamente son quelantes sino que están siendo utilizados como bioestimulantes, es decir, estimulan el proceso de la fotosíntesis. Actualmente se están utilizando en fertilización foliar junto con micronutrientes. Una vinaza hidrolizada, neutralizada y mezclada con nitrógeno puede ser un excelente fertilizante foliar. En el proceso de hidrólisis los compuestos de alto peso molecular de la vinaza se fragmentan dando compuestos de menor peso molecular y con mejor capacidad quelante, lo que permite una fácil translocación de la fase acuosa del suelo a las raíces de la planta.

La molécula de urea es muy eficiente para ser absorbida por las hojas de la planta o también se pueden utilizar hidróxido de potasio para neutralizar la vinaza. (Medina G. 2003).

## **2.2.9 EL POTASIO ESENCIAL PARA UN BUEN RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.**

El Potasio es requerido por la caña de azúcar en grandes cantidades. Es más, el potasio es el nutriente que más utiliza la planta de la caña de azúcar. Su demanda por este cultivo puede ser mayor a 800 kg. por hectárea. Una cosecha de 100 toneladas remueve (consume) del suelo un promedio de 220 kg. de  $K_2O$ . (Lazcano-Ferrat I. 2003).

### **2.2.9.1 EL PAPEL DEL POTASIO EN LA TRANSLOCACIÓN DE AZÚCARES.**

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. 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.

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-Ferrat I. 2003).

### **2.3 ANTECEDENTES**

(Pérez O. 2008) Llevó a cabo durante el período 2005/2006 la evaluación vinaza + nitrógeno como fertilizante al suelo evaluando 5 niveles de vinaza (0, 10, 30, 60 y 90 m<sup>3</sup>/ha) y nitrógeno con 3 niveles (0, 50 y 100 kg de N/ha). Los resultados indican que en todos los casos el rendimiento de caña aumento en forma significativa y en forma consistente en la medida que se aumento la dosis de vinaza independientemente de las dosis de nitrógeno.

(Quinteros R. 2003) inició investigaciones para establecer el efecto de la aplicación de vinazas al suelo y definir criterios sobre las dosis y el manejo de la vinaza como fuente de potasio, y sobre el uso de este subproducto de la destilación de alcohol en la recuperación de suelo sódicos. Avances muestran resultados obtenidos con la variedad CC85-92 (primer corte) en la que los tratamientos aplicados con vinaza fueron tan eficaces como los aplicados con aplicaciones convencionales de potasio.

(García G. 2007) evaluó el efecto de la vinaza sobre el contenido relativo de clorofila y la morfoanatomía foliar de la caña de azúcar. Todos los cultivares presentaron el mayor contenido relativo de clorofila en los tratamientos combinados de vinaza y fertilización química total. Se concluyó que el uso de la vinaza como fertilizante foliar es más eficiente si se incluye en programas de nutrición vegetal combinados con productos químicos.

## **2.4 MARCO REFERENCIAL**

### **2.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL**

#### **2.4.1.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El experimento se realizó en la Finca Pantaleón, lote Santa Sofía Sunsunete (4001), de la zona media de Playa Grande. Se encuentra ubicado Geográficamente se ubicó en las coordenadas: 14°17'57 latitud norte, 91°01'20 longitud oeste.

#### **2.4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA.**

##### **A. CONDICIONES CLIMÁTICAS**

La zona de estudio pertenece a la zona de vida del bosque húmedo Subtropical cálido, con una precipitación media anual de 3500 mm. Se encuentra ubicado a 350 msnm (CENGICAÑA 2007-2008).

##### **B. SUELOS**

Los suelos del área de estudio pertenecen al orden Inceptisoles estos se encuentran en un 11% del área en el ápice y cuerpo de los abanicos.

Presentan un relieve plano a ligeramente inclinado, desarrollados principalmente sobre materiales arcillosos, mezclados con cenizas volcánicas y fragmentos de roca. Son suelos medianamente evolucionados y presentan horizontes de alteración con estructuras bien desarrolladas que han perdido bases o hierro y aluminio, pero aún retienen ciertos minerales fácilmente alterables lo que los hace tener capacidades medias a altas de intercambio catiónico. Su textura es franca y arcillosa sobre un subsuelo arcilloso (CENGICAÑA 1996).

Los suelos corresponden a la serie Guacalate y Siquinalá. La serie Siquinalá está desarrollada sobre material de Toba, con relieve levemente inclinado, con drenaje rápido. Su coloración es gris oscuro y su textura franco con un espesor de 25 a 40 centímetros.

Estos suelos son muy pocos profundos y son derivados a partir de un lodo volcánico conocido técnicamente como Lahar que está zona se llama Talpetate. Este suelo tiene un pH que varía de 5 a 5.5 con fertilidad media y un alto contenido de materia orgánica (Simmons 1959).

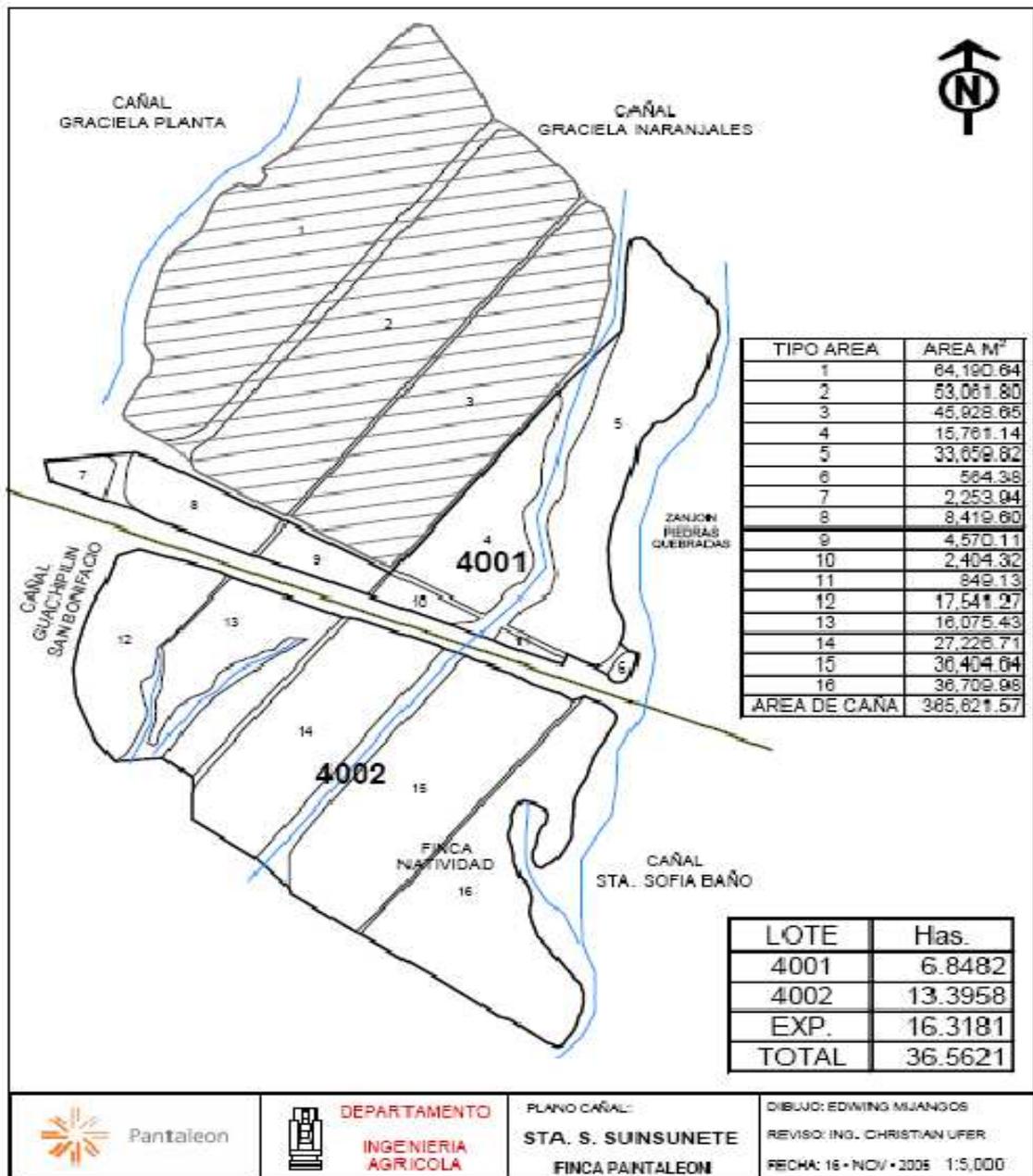


Figura #.3 Mapa de ubicación del area experimental, Lote 4001,pante 3. Corporación Pantaleón/Concepción.

Fuente. Página GIS, de inventario de planos, Pantaleón/Concepción.

**2.4.1.3 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL**

## A. VINAZA

La vinaza es un líquido residual proveniente de jugos fermentados. Por sus cantidades dentro de las características inorgánicas en la vinaza, se encuentra el potasio y el fósforo. A la vez, la vinaza no contiene metales pesados o cantidades nocivas de sustancias orgánicas que puedan causar daños al suelo, plantas y animales. El cuadro 2.1 muestra las características químicas de la vinaza utilizada en el presente ensayo.

**Cuadro #.5** Características químicas de la vinaza aplicada.

N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na
ppm									
1500	1178	6500	1800	700	0.9	1.1	48	1.6	50

Fuente. Laboratorio de suelos FAUSAC.

## B. NITROGENO

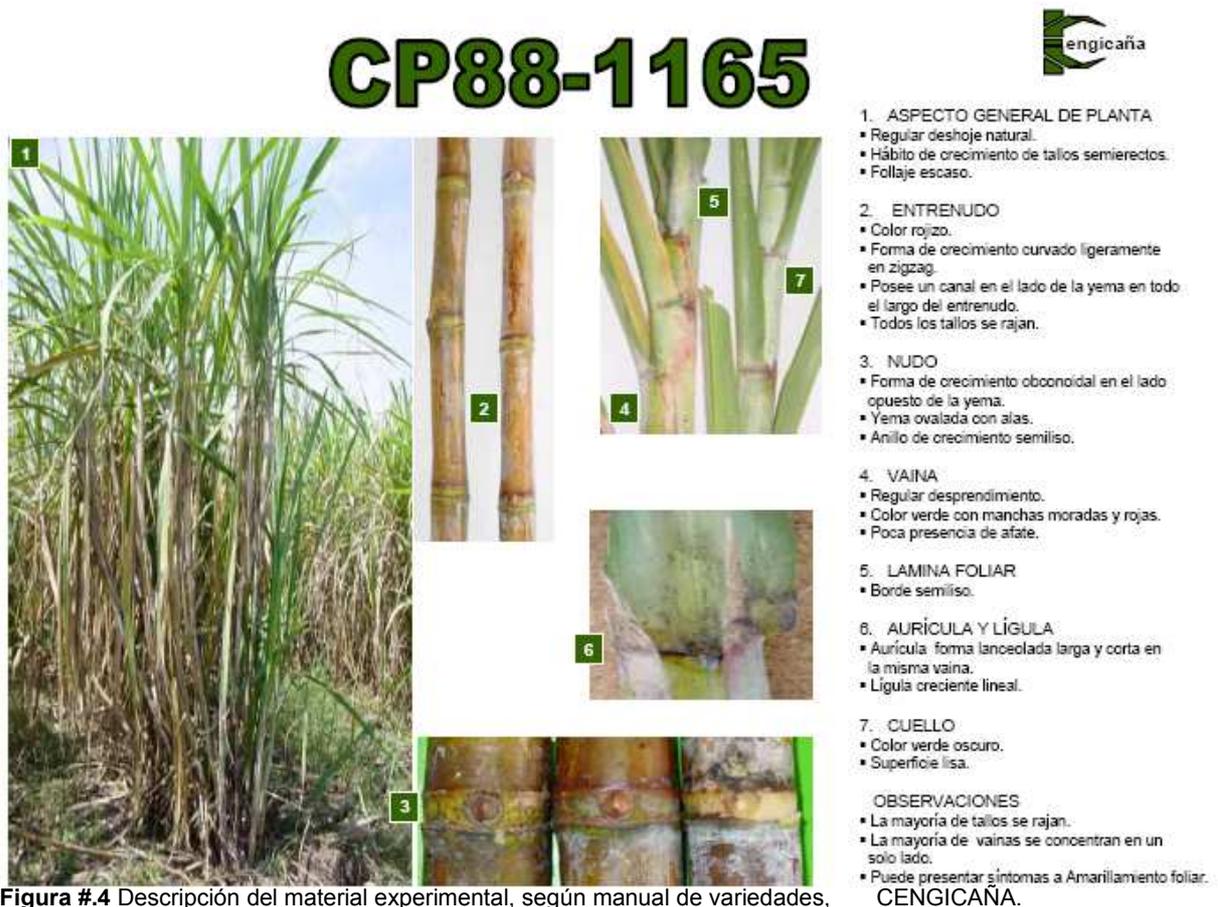
El nitrógeno es uno de los constituyentes más importantes de la planta, formando parte de aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos. Su deficiencia produce un amarillamiento de las hojas, cepas de poco vigor y una reducción drástica del rendimiento de la caña de azúcar.

Los principales efectos derivados de la aplicación del nitrógeno en el cañaveral, se evidencian en un mayor y más rápido macollaje (mayor población de tallos), como también en un mayor crecimiento vegetativo (más follaje y mayor altura y peso por tallo), lo que permite determinar un mayor rendimiento en caña y azúcar por ha. (Romero. R. 2004.)

El nitrato de amonio es una fuente nitrogenada que se caracteriza por poseer 34.4% de N en dos formas: nítrica (17.2%) y amoniacal (17.2%); es muy higroscópico y soluble. Tiene la ventaja en comparación con la urea y el sulfato de amonio, de ser una fuente de acción más rápida, de poner a disposición nitrógeno en forma de nitratos, lo que la planta absorbe con facilidad, sin embargo bajo situaciones de alta precipitación se lixivia considerablemente, en especial en suelos arenosos. (Subirós F. 1995).

## C. VARIEDAD EXPERIMENTAL

En la figura 2.3 se presentan las principales características morfológicas de la variedad evaluada.



**Figura #.4** Descripción del material experimental, según manual de variedades,  
**Fuente.** Manual de variedades CENGICAÑA.

## **2.5 OBJETIVOS**

### **2.5.1 GENERAL**

Determinar el efecto de la combinación de vinaza y nitrógeno como fertilizante foliar en la producción de semilla vegetativa (esquejes) de caña de azúcar (*Saccharum spp*).

### **2.5.2 ESPECÍFICOS**

- A. Evaluar la combinación de tres concentraciones de nitrógeno y vinaza sobre la producción de semilla vegetativa de caña de azúcar.
- B. Analizar económicamente los tratamientos evaluados a través de un análisis de costos parciales.

## **2.6 HIPÓTESIS**

- A. La combinación de vinaza pura y 15,000 ppm de nitrógeno produce un mayor efecto sobre la producción de semilla vegetativa de caña de azúcar.
  
- B. La combinación de vinaza pura y 15,000 ppm de nitrógeno será económicamente más rentable que la combinación comercial usada actualmente.

## **2.7 METODOLOGÍA**

## 2.7.1 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 2.7.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El cuadro 2.2 muestra los tratamientos evaluados.

**Cuadro #.6** Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento. Corporación Pantaleón/Concepción.

TRATAMIENTOS		N (ppm)
1	VINAZA	5,000
2		10,000
3		15,000
4	VINAZA + AGUA (1:1)	5000
5		10000
6		15000
7	VINAZA + AGUA (1:2)	5000
8		10000
9		15000
10	TESTIGO COMERCIAL (Relativo)	10700
11	TESTIGO ABSOLUTO	0

NOTA: A los tratamientos se les adicionó 0.15 g/ha de auxinas excepto al testigo absoluto que hace referencia a que no se hicieron aplicaciones foliares, sin embargo, recibió la fertilización al suelo requerida igual que el resto de tratamientos. Las combinaciones aplicadas y las concentraciones fueron efectuadas mediante la relaciones volumen/volumen.

### 2.7.1.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar con 11 tratamientos y 3 repeticiones, Para hacer un total de 33 unidades experimentales.

El modelo estadístico-matemático del diseño que se utilizó se presenta a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array}$$

siendo,

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

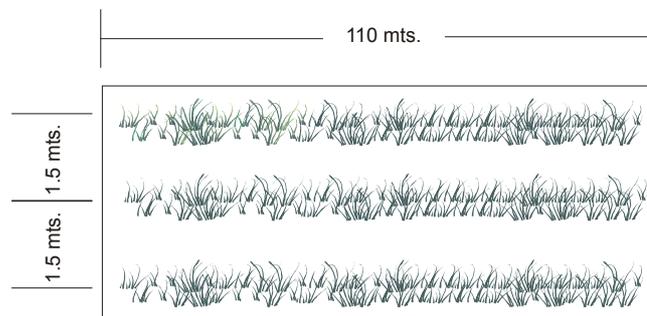
$\mu$  = media general de la variable de respuesta

$\tau_i$  = efecto del  $i$  - ésimo tratamiento (nivel del factor) en la variable dependiente.

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

### 2.7.1.3 UNIDAD EXPERIMENTAL

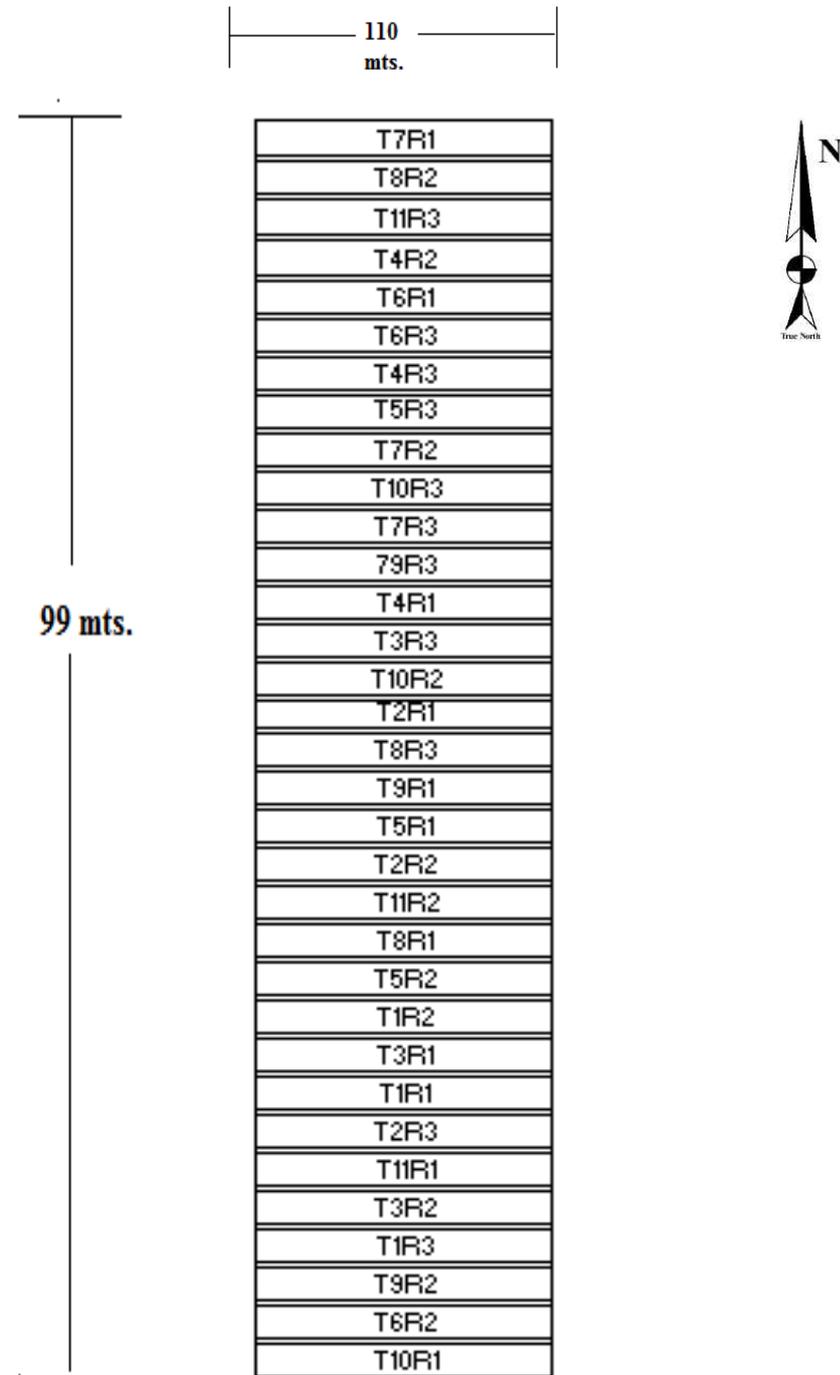
Cada unidad experimental constó de 3 surcos de 110 mts. de largo cada uno, separados a 1.5 mts. entre ellos. Entre cada una de las repeticiones hubo una distancia de separación de 1.5 mts. El área de cada unidad experimental fue de 330 mts<sup>2</sup>.



**Figura #.5** Descripción de la unidad experimental. Corporación Pantaleón/Concepción, 2009.

### 2.7.1.4 TAMAÑO DE EXPERIMENTO

El área total del ensayo fue de 1.089 has. en la figura 2.5 se presenta el croquis de campo.



**Figura #.6** Distribución de tratamientos evaluados y sus repeticiones en el campo. Corporación Pantaleón/Concepción, 2009

### 2.7.1.6 MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO

### **A. MANEJO DE SEMILLAS EN EL INGENIO PANTALEÓN**

A continuación se presenta de manera resumida el manejo que se realizó en el ensayo:

### **B. PREPARACIÓN DEL TERRENO**

Después de la cosecha se requemaron los rastrojos, se destruyó la cepa voluntaria con glifosato, y se realizó el muestreo de plagas. Todo esto se llevo a cabo antes del volteo. Se aro el suelo con rastra liviana. Por último se surqueo y fertilizo el suelo (Corporación Pantaleón-Concepción 2007).

### **C. SIEMBRA DE PILONES O TOLETES (MICROESQUEJES)**

1 a 2 días después de surqueado el suelo se aplico riego, y se sembró Los toletes en forma continua. 8 días después de la siembra se aplico el segundo riego. 20 días después de la siembra se hizo el primer control de malezas aplicando herbicida pre emergente (Corporación Pantaleón-Concepción 2007).

### **D. MANTENIMIENTO DE SEMILLEROS**

Se muestreó el porcentaje de germinación en el semillero, tomando 10 mts. lineales. Se contó el número de yemas sembradas y el número de yemas brotadas. De acuerdo al porcentaje de germinación obtenido se procedió a la resiembra. Se aplicó el tercer riego 30 días después de la siembra. (Corporación Pantaleón-Concepción 2007).

#### **2.7.1.7 CONTROL FITOSANITARIO**

20 Días después de la siembra aplicó herbicida en forma de parchoneo (aplicación en área parcial del semillero). 45 días después la siembra se hizo el paso de la cultivadora. 65 días después de la siembra se realizo la limpia manual. (Corporación Pantaleón-Concepción 2007).

#### **2.7.1.8 MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN**

### A. AL SUELO

Se realizó la fertilización convencional utilizada por el proceso de semilleros aplicando 120 Kg. /ha. de nitrógeno en forma fraccionada 60 y 120 días después de la siembra.

### B. APLICACIONES FOLIARES

Las combinaciones aplicadas se realizaron en el campo, 60 y 105 días después de la siembra. Estas se realizaron a partir de las 6:00 de la mañana, tomando en cuenta la velocidad del viento, temperatura y humedad relativa.

Las características químicas de la vinaza aplicada se muestran en el cuadro 2.2 La fuente de nitrógeno fue el nitrato de amonio, este comercialmente se obtiene con un 34.4% de pureza, distribuido en 17.2% de nitratos y 17.2% amonio. Para esta investigación se realizaron las mezclas incluyendo los porcentajes de nitrato y amonio en conjunto.

Como se mencionó anteriormente el área utilizada por cada uno de los tratamientos en el presente ensayo fue de 0.099 ha. por lo tanto la cantidad de producto comercial adicionada de acuerdo a las concentraciones evaluadas se describe a continuación:

**Cuadro #.7** Cantidades de cada combinación a aplicar para cada uno de los tratamientos evaluados de vinaza y nitrógeno (comercial). Corporación Pantaleón/Concepción.

<b>Combinaciones de vinaza y N (comercial).</b>					
Tratamiento	Vinaza (lts.)	Agua (lts.)	Total Mezcla/trat. (lts.)	Kg. /Trat.	Kg./ha.
1	18.31	0	18.31	0.27	2.69
2	18.31	0	18.31	0.53	5.38
3	18.31	0	18.31	0.80	8.07
4	9.15	9.15	18.31	0.27	2.69
5	9.15	9.15	18.31	0.53	5.38
6	9.15	9.15	18.31	0.80	8.07
7	6.1	12.21	18.31	0.27	2.69
8	6.1	12.21	18.31	0.53	5.38
9	6.1	12.21	18.31	0.80	8.07

Las cantidades de producto aplicado a los tratamientos se mantiene para cada uno de acuerdo a la concentración aplicada, sin embargo de acuerdo a las diferentes diluciones echas en agua la cantidad de vinaza disminuyó de 18.31 L a 9.15 L. y 6.1 L respectivamente, como lo muestra el cuadro 2.3.

El testigo relativo lo conformó la combinación de los productos aplicados en la actualidad a los semilleros:

A los 2 meses: 0.5 lts./ ha. de Biozime y 1 kg/ha de Raizal.

A los 3.5 meses se aplican 3 lts./ ha. de Foltron.

#### **2.7.1.9 VARIABLES RESPUESTA**

##### **A. PRODUCCIÓN TOTAL DE SEMILLA**

La cosecha se realizó finalizados los 7 meses después de la siembra, donde se tomó el peso de 30 paquetes del surco central de cada repetición, obteniendo el peso de 90 paquetes por tratamiento. Cada uno de estos paquetes se obtuvo de 15 tallos de caña, es decir, se muestrearon 1,350 tallos.

##### **B. CRECIMIENTO DE TALLOS**

Esta variable hace referencia a la altura de los tallos. Se realizó una sola lectura los primeros 5 días del séptimo mes después de la siembra. Para la toma de datos se seleccionó dentro de cada unidad experimental una longitud de 10 mts lineales. De esto se seleccionaron 10 tallos al azar, y se tomó la altura del tallo desde la base hasta el último cuello visible de la vaina de la hoja, utilizando cinta métrica. Por lo tanto se realizó la lectura de 30 tallos por cada tratamiento.

##### **C. DIÁMETRO DE TALLOS**

La toma de estos datos se realizó en el mismo punto de donde se obtuvo la altura de los tallos. Se tomaron los 10 tallos medidos en la variable de crecimiento, y se midió el diámetro con un vernier en la parte media del tallo. Se obtuvieron los datos de 30 tallos por cada tratamiento.

#### **D. ANÁLISIS DE TEJIDO FOLIAR**

Se realizó un análisis foliar a cada uno de los tratamientos, para determinar el contenido de nutrientes en el tejido foliar, y especificar si se encuentran dentro de los rangos sugeridos para la caña de azúcar. Para la toma de muestras se tomaron 10 tallos al azar dentro de las mismas unidades utilizadas para las lecturas de crecimiento y altura. De cada tallo se tomo la tercera hoja verdadera y se separo la nervadura central, y se analizó solamente el tejido foliar.

#### **2.7.1.10 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

##### **A. ESTADÍSTICO**

Se realizó un análisis de varianza para las variables evaluadas, en caso necesario se utilizó una prueba de media usando el comparador de Tukey con un 5% de significancia, utilizando el software INFOSTAT 2009.

##### **B. ECONÓMICO**

Se realizó un análisis de costos parciales. Tomando en cuenta aquellos costos que se tomaron en consideración para la toma de decisión de usar o no un tratamiento, es decir costos que permitan diferenciar un tratamiento de otro. Para esto se determinaron los beneficios netos de cada tratamiento, y se hizo un análisis de dominancia, por último se obtuvo la tasa de marginal de retorno a través de la siguiente ecuación:

$$TRM = (\Delta BN / \Delta CV) * 100$$

Donde=

TRM= Tasa de retorno marginal.

$\Delta$ BN= Cambio en el beneficio neto.

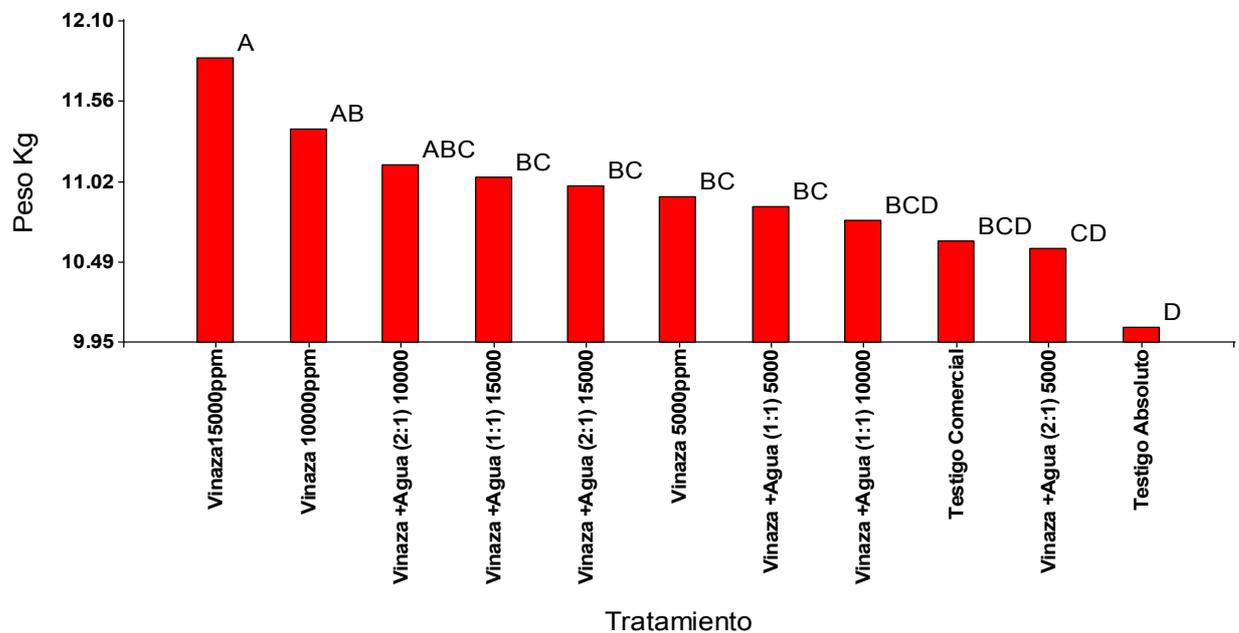
$\Delta$ CV= Cambio en los costos variables.

**Fuente:** Análisis de Costos Parciales (Hernández M 2001).

## 2.8 DISCUSION DE RESULTADOS

### 2.8.1 PRODUCCIÓN TOTAL DE SEMILLA VEGETATIVA (Kg).

La Figura 2.6 muestra las medias de cada uno de los tratamientos evaluados. Se observa que el tratamiento: vinaza pura + 15,000ppm, presenta el promedio más alto de peso de paquetes obtenidos, seguidos por los tratamientos: vinaza pura +10,000ppm y vinaza + agua (2:1)15,000ppm, respectivamente.



**Figura #.7** Comparación de medias para la variable pesos de paquetes de semilla vegetativa (Kg.), obtenidas con los diferentes tratamientos, 2009 Corporación Pantaleón/Concepción,

El análisis de varianza realizado muestra un valor de probabilidad menor a 0.05, lo cual indica que uno de los tratamientos tiene mayor producción de peso, por lo tanto, se procedió a realizar la correspondiente prueba de medias.

Se observa que el tratamiento vinaza pura +15,000ppm presenta diferencia significativa sobre los demás tratamientos.

De acuerdo con los resultados de pesos obtenidos y las diferencias significativas alcanzadas con la combinación vinaza pura + 15000 ppm de N, sobre las demás

combinaciones indican que el aumento en la concentración de nitrógeno y de potasio, favoreció los pesos de los paquetes de semilla vegetativa.

Como lo menciona (D.L. Anderson 1994) el nitrógeno es esencial para todo proceso enzimático, es un nutriente móvil dentro de la planta, también esta presente en cada proteína y su aplicación produce respuesta en caña de azúcar, ya que su presencia se traduce en aumento de tonelaje la mayoría de veces muy significativos.

También el potasio influye en el aumento del peso, ya que altas concentraciones de potasio se concentran en los tejidos meristemáticos y en las células guardianas de los estomas, también es activador del metabolismo de carbohidratos (D.L. Anderson 1994).

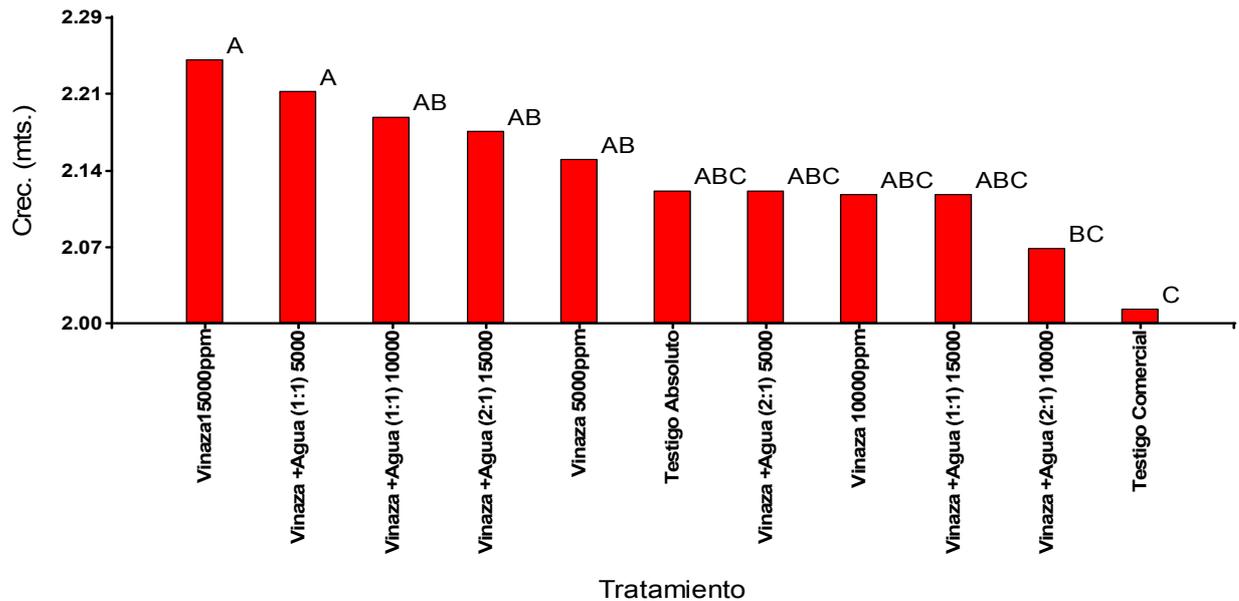
De acuerdo al resultado del análisis foliar se observa que los tres tratamientos con los mayores pesos son los que presentan también mayores porcentajes de nitrógeno T3 (vinaza pura +15000 ppm) 1.6%, T2 (vinaza pura+10000 ppm) con un 1.48%, y con un 1.48% para el T3 (vinaza + agua + 10000 ppm).

En lo que a los niveles de potasio se refiere, los tratamientos que presentaron los porcentajes más altos fueron respectivamente el tratamiento vinaza+5000 ppm con un 1.52%, vinaza pura +15000 ppm con un 1.46%, vinaza + agua (2:1)10000 ppm con un 1.44%.

Se observa también el efecto positivo de la aplicación de vinaza ya que todos los tratamientos de vinaza y nitrógeno superaron la producción total de semilla vegetativa del tratamiento relativo lo que demuestra la facilidad de absorción de la vinaza a nivel foliar y el nitrógeno.

### 2.8.3 ALTURA DE TALLOS

Esta variable está ligada al peso obtenido por los tratamientos evaluados ya que tallos más altos con bajo peso representara semilla de menor calidad, es decir, plantas con poco vigor y deficiencias de nutrientes.



**Figura #.8** Comparación de medias para la variable altura de tallo (m.) obtenido con los diferentes tratamientos evaluados, 2009. Corporación Pantaleón/Concepción,

El análisis de varianza refleja un valor de probabilidad menor de 0.05, indicando que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Se observa que los tratamientos vinaza pura + 15000ppm y vinaza+agua+5000ppm presentan la medias mas altas y son significativamente mayores el resto de tratamientos. Los tratamientos vinaza+agua+10000ppm, vinaza+agua+15000ppm y vinaza pura + 5000 ppm de N, se encuentran por debajo de los tratamientos descritos anteriormente, y entre ellos no existe diferencia significativa.

El análisis foliar para el T3 (vinaza pura + 15000 ppm N), indico que las plantas de caña de azúcar contenían las concentraciones de nitrógeno: 1.48%, potasio: 1.46% y fósforo: 0.18 % todos dentro de los niveles adecuados. Este tratamiento presentó los valores más altos en peso, altura y concentraciones a nivel foliar.

Lo anterior confirma que el efecto de este tratamiento fue superior para la producción de semilla vegetativa con pesos y alturas significativamente mayores que el resto de tratamientos evaluados.

#### 2.8.4 DIÁMETROS

El cuadro 2.4 muestra el análisis de varianza para la variable diámetros de tallos.

**Cuadro #.8** Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo de los tratamientos evaluados, 2009. Corporación Pantaleón/Concepción.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.22	10	0.02	1.08	0.4149
Tratamiento	0.22	10	0.02	1.08	0.4149
Error	0.45	22	0.02		
Total	0.68	32			

**Fuente** InfoStat 2009.

El valor de probabilidad es mayor a 0.05 lo cual indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, y que ninguno de los tratamientos evaluados produce efectos diferentes sobre el diámetro obtenido para semilla de la misma edad. Por lo tanto el efecto de las aplicaciones combinadas de vinaza y nitrógeno afectaron solamente en el peso y altura de la semilla, no generando cambios significativo en el diámetro.

### 2.8.5 ANALISIS DE TEJIDO FOLIAR.

El cuadro 2.5 muestra los resultados del análisis foliar, para cada uno de los tratamientos evaluados y los rangos óptimos y críticos de las concentraciones de cada elemento.

**Cuadro #.9** Análisis foliar para tratamientos evaluados. Corporación Pantaleón/Concepción.

Tratamiento	Nitrógeno	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	Mn
Critico **	1	0.1-0.15	0.06-0.08	0.62	0.1	2	10	36	6
Rango **	1.5-1.65	0.2-0.45	0.08-0.35	0.62-1.45	0.18	4-8	15-32	40-20	12-100
	%					Ppm			
T1 *	1.35	0.22	0.07	1.26	0.18	0	11.32	48.25	12.31
T2 *	1.48	0.28	0.07	1.27	0.18	0	11.37	61.31	11.87
T3 *	1.6	0.3	0.1	1.46	0.18	0	10.97	48.84	22.72
T4 *	1.15	0.23	0.1	1.27	0.18	0	13.79	59.32	13.79
T5 *	1.17	0.27	0.09	1.44	0.19	0	11.35	47.8	8.39
T6 *	1.45	0.24	0.1	1.27	0.19	1.98	12.84	45.94	9.97
T7 *	1.19	0.21	0.09	1.24	0.18	0	12.49	54.43	9.99
T8 *	1.48	0.22	0.09	1.39	0.18	0	11.47	52.84	10.47
T9 *	1.34	0.23	0.1	1.13	0.18	1.94	12.64	45.2	8.26
T10 *	1.29	0.21	0.09	1.52	0.18	0	12.28	46.65	8.35
T11 *	1.1	0.18	0.09	1.15	0.18	0	11.65	54.84	8.74

\* **Fuente.** Laboratorio de suelos CENGICANA. (Determinaciones de elementos de los tratamientos evaluados).

\*\* **Fuente.** D.L. Anderson. 1994. Nutrición de la caña de azúcar. (Rangos de concentraciones).

Se observa que el T3 (vinaza pura + 15000 ppm N) se encuentra dentro de los rangos adecuados de nitrógeno, sin embargo ningún tratamiento alcanza el punto crítico de deficiencia. El mas cercano al punto critico es el T10 (testigo absoluto) alcanzando una concentración de 1.1% de nitrógeno.

La mayor concentración de K se encuentra respectivamente en el T3 (vinaza pura + 15000ppm de N). Las concentraciones de Calcio, Fosforo, Zinc, hierro y manganeso también se encuentran dentro del rango aceptado para este tratamiento. Sin embargo para este mismo tratamiento por debajo de los rangos adecuados para el cobre y zinc, no así para el magnesio que se encontró en exceso.

Según (Medina G. 2003), la aplicación de vinaza mezclada con nitrógeno puede ser un excelente fertilizante foliar. En el proceso de hidrólisis los compuestos de alto peso molecular de la vinaza se fragmentan dando compuestos de menor peso molecular y con mejor capacidad quelante, lo que permite una fácil translocación de nutrientes.

De acuerdo con esto y con los antecedentes obtenidos puede decirse que la vinaza pura + 15000 ppm de nitrógeno mejora los niveles de las concentraciones de los macro y algunos micro elementos en el cultivo de la caña.

### 2.8.6 ANÁLISIS DE COSTOS PARCIALES

Se identificaron los costos relevantes para la evaluación, es decir los costos que varían, estos son los fertilizantes foliares, y el nitrato de amonio.

En la actualidad la vinaza obtenida de la planta de bioetanol tiene un costo de Q.618.8 ha. Sin embargo, no se tiene un costo propiamente para este producto, ya que a pesar de ser utilizado como fertilizante aún se ve como un desperdicio (Ozorio, R. 2009). Por lo tanto se hizo un análisis de costo parcial, para determinar el beneficio de la implementación de los tratamientos el cual se muestra en el cuadro 2.7.

**Cuadro #.10** Beneficio neto para los tratamientos aplicados no dominados. Corporación Pantaleón/Concepción.

	Rend. Pesos (Kg./ha)	Rend aj. (Kg./ha.)	Beneficio Bruto (Q/ha.)	Costos que varían ha.	Beneficio Neto (Q.)
T1	10.91	10.06	5806.45	66.57	5739.88
T2	11.85	11	6344.8	78.6	6266.2
T3	11.37	10.52	6070.38	72.59	5997.79
T4	10.57	9.72	5608.06	66.57	5541.49
T5	10.99	10.14	5851.89	78.6	5773.29
T6	11.13	10.28	5931.42	72.59	5858.83
T7	10.85	10.00	5769.74	66.57	5703.17
T8	11.05	10.20	5884.23	78.6	5805.63
T9	10.76	9.91	5718.18	72.59	5645.59
T10	10.62	9.77	5636.90	292.8	5344.10
T11	10.04	9.19	5303.93	0	5303.93

El cuadro 2.7 muestra el resultado de los rendimientos ajustados de la producción obtenida, y el beneficio neto en Q. al cual se le aplicó un análisis de dominancia, para seleccionar el o los tratamientos que en términos de ganancias tengan la posibilidad de ser seleccionados para ser recomendado.

**Cuadro #.11** Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados. Corporación Pantaleón/Concepción.

Tratamiento	Costos Variables	Beneficio Neto	Observación	Comportamiento
T11	0.00	5303.93		
T1	66.57	5739.88	T11 a T1	No dominado
T4	66.57	5541.49	T1 a T4	Dominado
T7	66.57	5703.17	T1 a T7	Dominado
T2	72.59	5997.79	T1 a T2	No dominado
T6	72.59	5858.83	T2 a T6	Dominado
T9	72.59	5645.59	T2 a T9	Dominado
T3	78.60	6266.20	T2 a T3	No dominado
T5	78.60	5773.29	T3 a T5	Dominado
T8	78.60	5805.63	T3 a T8	Dominado
T10	292.8	5344.10	T3 a T10	Dominado

En el cuadro 2.8 muestra el análisis de dominancia aplicado a los tratamientos, T1, T2 y T3 fueron los tratamientos no dominados, obteniendo posteriormente la tasa de retorno marginal para el análisis final.

**Cuadro #.12** Tasa marginal de retorno para los tratamientos aplicados no dominados. Corporación Pantaleón/Concepción.

Trat.	Beneficio Neto	Costo Variable	Cambio Beneficio Neto	Cambio Costo Variable	TRM.(%)
T1	5739.88	66.57			
T2	5997.79	72.59	257.91	6.02	42.84
T3	6266.20	78.60	268.41	6.01	44.66

El cuadro 2.9 muestra la tasa marginal de retorno de los tratamientos no dominados mostrados en el cuadro 2.8, el tratamiento tres (T3), muestra la mayor tasa de retorno marginal (44.66).

### 2.8.6.1 DETERMINACION DE TRATAMIENTO MÁS RENTABLE

Esta determinación se realiza comparando la tasa de retorno marginal obtenida en el cuadro 2.9 con la tasa mínima de retorno, la cual se obtiene con el último valor de los tratamientos no dominados. El tratamiento vinaza + 15000 ppm. de nitrógeno es el último de los tratamientos no dominados, por lo tanto es económicamente más rentable que el resto de los tratamientos evaluados.

**Cuadro #.13** Análisis de residuos para los tratamientos aplicados no dominados. Corporación Pantaleón/Concepción.

Trat.	Costo Variable	Beneficio Neto	Costo de oportunidad de CV.	Residuo
T1	66.57	5739.88	66.57	5673.31
T2	72.59	5997.79	72.59	5925.20
T3	78.60	6266.20	78.60	6187.60

En el cuadro 2.10 se muestra el análisis de residuos de los tratamientos no dominados, esta herramienta fortalece los resultados de la obtención de la tasa mínima de retorno (TAMIR). Por regla general el tratamiento más rentable es el que acusa los mayores residuos (Hernández M 2001).

## 2.9 CONCLUSIONES

- a) El aprovechamiento de la vinaza pura considerado como desecho en combinación con el nitrógeno, mostro beneficios agronómicos y económicos aplicado como fertilizante foliar en la producción de semilla vegetativa de caña de azúcar,
- b) Se encontró que la combinación de vinaza pura y 15000 ppm. de nitrógeno (T3), produce efectos positivos en la producción de semilla vegetativa (11.85 Kg. /paquete de 30 esquejes). superando en un 10.35% al tratamiento utilizado convencionalmente en la finca (tratamiento relativo). Aceptando la hipótesis planteada.
- c) El tratamiento vinaza pura + 15000 ppm de N (T3) es económicamente superior a los demás tratamientos, presentando una tasa marginal de retorno de 44.66%.

## 2.10 RECOMENDACIONES

- A. Bajo las condiciones estudiadas se recomienda hacer fertilizaciones foliares sobre los campos sembrados con la variedad CP88-1165 utilizando vinaza pura + 15000 ppm de nitrógeno.
- B. Realizar ensayos del mismo tipo, enriqueciendo los tratamientos con micronutrientes, ya que se observaron deficiencias de algunos de ellos en todos los tratamientos especialmente de cobre y zinc,
- C. Los resultados obtenidos en el presente ensayo son específicamente para la zona de estudio, por lo tanto para poder habilitar esta práctica a nivel corporativo deberá realizarse ensayos de este nivel sobre los diferentes estratos cañeros y homogenizar los resultados.
- D. Establecer ensayos con mayor área para cada uno de los tratamientos, agregando el tratamiento de vinaza pura y analizar sus efectos en la aplicación foliar sobre los semilleros de la caña de azúcar.

## 2.11 BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, DL; Bowen, JF. 1994. Nutrición de la caña de azúcar. Quito, Ecuador, Potash & Phosphate Institute. 40 p.
2. Berón Medina, G. 2003. Usos alternativos de la vinaza de acuerdo con su composición química (en línea). Colombia, Técnicaña. Consultado 28 jul 2009 Disponible en [http://www.tecnicana.org/pdf/2006/tec\\_v10\\_no17\\_2006\\_p14-18.pdf](http://www.tecnicana.org/pdf/2006/tec_v10_no17_2006_p14-18.pdf)
3. CENGICAÑA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera de Guatemala. 2 ed. Guatemala. 215 p.
4. \_\_\_\_\_. 2008. Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 2007-2008. Guatemala. 288 p.
5. Chávez, M. 1999. Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica (en línea). Costa Rica. Consultado 17 oct 2008. Disponible en [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_XI/a50-6907-III\\_193.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-III_193.pdf)
6. Corporación Pantaleón-Concepción, GT. 2006. Situación de la reducción y uso de la vinaza en la organización Pantaleón-Concepción. Guatemala. 10 p.
7. \_\_\_\_\_. 2007. Sistemas de gestión de la calidad: procedimientos, instructivos y documentación general. Guatemala. 10 p.
8. \_\_\_\_\_. 2008. Evaluación de vinaza y nitrógeno en el cultivo de caña de azúcar y su efecto en las propiedades químicas de un suelo andisol de Guatemala. Guatemala. 28 diapositivas.
9. Fernández Pérez, CR. 2003. Curso fisiología vegetal, guías de clase. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 102 p.
10. Finck, A. 1988. Fertilizantes y fertilización. España, Reverte. p. 292.
11. García, G. 2007. Efecto de la fertilización con vinaza sobre el contenido relativo de clorofila y la morfoanatomía foliar de tres variedades de caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L.). Los Angeles, California, US, UCLA, Departamento de Ciencias Biológicas, Decanato de Agronomía. p. 124-129.
12. Hernández, M. 2001 Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 32 p.
13. INTA Pergamino, Equipo del Proyecto Fertilizar, AR. 2001. Fertilizantes y soluciones concentradas (en línea). Argentina. Consultado 22 set 2008. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/EI%20Ambiente%20Edafico%20bajo%20Fertirrieg%20o.asp>

14. Lazcano-Ferrat, I. 2003. El potasio esencial para un buen rendimiento en la caña de azúcar. México, Instituto de la Potasa y el Fósforo. p. 5.
15. Marcon, M. 2007. Solubilidad de fertilizantes (en línea). Argentina. 4 p. Consultado 22 set 2008. Disponible en <http://www.brometan.com.ar/productos/fertilizantes.html.pdf>
16. Morales, JR. 2008. Evaluación de la vinaza en diferente dosis como madurante orgánico de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) bajo las condiciones de la costa sur de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, CUNOC, Facultad de Agronomía. 52 p.
17. Ozorio, R. 2009. Manejo y uso actual de la vinaza en la Corporación Pantaleón/Concepción (entrevista). Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón-Concepción, Supervisor de Riegos.
18. Pérez, O. 2008. Guía de recomendaciones de nitrógeno para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 16 jul 2009. Disponible en <http://www.cengicana.org/Portal/web2/boletin1/images/guiafertilizacion/Guia%20de%20la%20Fertilizacion%20nitrogenada.pdf>
19. Quinteros, R. 2003. Proyecto de investigación sobre uso y manejo de vinazas (en línea). Colombia, CENICAÑA. Consultado 30 jul 2009. Disponible en: <http://www.cengicana.org/Portal/SubOtrasAreas/Etanol/Presentaciones/ProyectosInvestigacionSobreUsoManejo%20Vinaza.pdf>
20. Romero, R. 2004. Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar (en línea). Consultado 28 jul 2009. México. Disponible en: [http://www.eeaoc.org.ar/cania/gacet\\_fertilizacion.pdf](http://www.eeaoc.org.ar/cania/gacet_fertilizacion.pdf)
21. Ronen, E. 2005. Fertilización foliar: otra exitosa forma de nutrir a las plantas (en línea). Argentina. 12 p. Consultado 15 oct 2008. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Foliar%20%20Otra%20forma%20exitosa.asp>
22. Santos, A. 1993. Fertilización foliar, un respaldo importante rendimiento de los cultivos (en línea). Consultado 15 oct 2008. Disponible en <http://www.cevid.cl/articulos/FERTILIZACION.pdf>
23. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
24. Subirós, F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. Costa Rica, EUNED. 441 p.

## **CAPITULO III.**

**Servicios prestados en la Corporación Pantaleón/Concepción Siquinalá, Escuintla,  
Departamento de Escuintla.**

### **3.1 EFECTO DE LA VINAZA EN LA REDUCCION DE LA DOSIS DE FERTILIZANTE NITROGENADO APLICADO EN CAÑA DE AZÚCAR**

#### **3.1.1 PRESENTACION**

La agroindustria azucarera guatemalteca, tiene como propósito optimizar los recursos existentes así como la implementación de nuevas tecnologías que permitan reducir los costos de producción e incrementar de manera sostenible la productividad y rendimientos.

En la caña de azúcar la aplicación de fertilizantes nitrogenados es una labor de alto impacto, ya que repercute directamente sobre la producción. Sin embargo el aumento de los productos a base de petróleo a encarecido considerablemente esta actividad.

La vinaza es un líquido residual proveniente de la destilación del mosto fermentado, este producto se obtiene de la planta de bioetanol ubicada en las instalaciones del ingenio Pantaleón. Por sus

Un factor determinante en la producción de la caña de azúcar, es la aplicación de fertilizantes, dichas aplicaciones han evidenciado aumentos efectivos en la producción de azúcar, según los estudios realizados en la industria azucarera. Sin embargo, la aplicación de este tipo de productos aumentan los costos de producción.

En el presente estudio se evaluó el efecto de la vinaza en la reducción de las dosis de fertilizante nitrogenado al 25, 50 y 75%, con la aplicación de 30 metros cúbicos por hectárea, ya que anteriormente se comprobó que la aplicación de esta cantidad de vinaza ofrece buenos resultados, especialmente en la reducción del 50%, observado en el ensayo de Aplicación de Vinaza ubicado en la Finca El Balsamo, Cañal El Siete. (CENGICAÑA 2008).

### **3.1.2 MARCO CONCEPTUAL**

#### **3.1.2.1 VINAZA**

La vinaza es un residuo industrial que se genera durante la destilación del alcohol. En términos del volumen producido, se estima que por cada litro de alcohol obtenido a partir de mosto de melaza, se generan alrededor de trece litros de vinaza. Este residuo, altamente corrosivo y contaminante de las fuentes de agua, presenta en su composición química altos contenidos de materia orgánica, potasio y calcio y cantidades moderadas de nitrógeno y fósforo. Diversos trabajos de investigación realizados en otros países, especialmente en Brasil, revela que la vinaza incrementa la productividad de la caña de azúcar, evidenciándose con ello que una de sus grandes ventajas es que bajo condiciones racionales de manejo, puede sustituir parcial o totalmente la fertilización mineral

#### **3.1.2.2 NITROGENO**

El nitrógeno es uno de los constituyentes más importantes de la planta, formando parte de aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos. Su deficiencia produce un amarillamiento de las hojas, cepas de poco vigor y una reducción drástica del rendimiento de la caña de azúcar.

Los principales efectos derivados de la aplicación del nitrógeno en el cañaveral, se evidencian en un mayor y más rápido macollaje (mayor población de tallos), como también en un mayor crecimiento vegetativo (más follaje y mayor altura y peso por tallo), lo que permite determinar un mayor rendimiento en caña y azúcar por ha. (Romero. R. 2004.)

El nitrato de amonio es una fuente nitrogenada que se caracteriza por poseer 34.4% de N en dos formas: nítrica (17.2%) y amoniacal (17.2%); es muy higroscópico y soluble. Tiene la ventaja en comparación con la urea y el sulfato de amonio, de ser una fuente de acción mas rápida, de poner a disposición nitrógeno en forma de nitratos, lo que la planta absorbe con facilidad, sin embargo bajo situaciones de alta precipitación se lixivia considerablemente, en especial en suelos arenosos. (Subirós F. 1995).

### **3.1.3 OBJETIVOS**

#### **3.1.3.1 OBJETIVO GENERAL:**

- A. Determinar la reducción de la dosis de fertilizante nitrogenado que proporcione la mayor producción de caña (Tm/ha.).

#### **3.1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- A. Establecer la combinación nitrógeno-vinaza aplicadas al suelo que aumente el rendimiento y productividad en caña de azúcar.
- B. Determinar si la aplicación de 30 metros cúbicos de vinaza permite reducir un 25 y un 50 % la aplicación de fertilizante.

### 3.1.4 METODOLOGÍA:

#### A. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS:

Los tratamientos evaluados en el ensayo se muestran en el cuadro 3.1.1

**Cuadro #.14** Tratamientos evaluados en el ensayo reducción de dosis de fertilizantes nitrogenados.

TRATAMIENTOS	DOSIS kg./ha.	%
T1	294.83	100%
T2	220.89	75%
T3	147.41	50%
T4	----	Testigo

#### B. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el experimento se utilizó bloques al azar con 4 tratamientos, cada uno de los tratamientos tuvo 2 repeticiones, teniendo al final 8 unidades experimentales.

El modelo estadístico-matemático del diseño que se utilizó se presenta a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \end{cases}$$

Siendo:

- $Y_{ij}$  = variable de respuesta observada o medida en el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $j$ -ésimo bloque.
- $\mu$  = media general de la variable de respuesta
- $\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento
- $\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque
- $\varepsilon_{ij}$  = error asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

### **C. UNIDAD EXPERIMENTAL**

Cada unidad experimental constó de 40 surcos, separados a 1.5 mts entre ellos. El área total de cada uno de los tratamientos fue de 4 has. Distribuidas en 2 has. para cada unidad experimental.

### **D. APLICACIONES**

Treinta días después de la siembra se hizo la aplicación de 30 mts. Cúbicos de vinaza a cada tratamiento y las cantidades de nitrato de amonio descritas en el cuadro 3.1. Las aplicaciones se realizaron a partir de las seis de la mañana. Dichas aplicaciones se hicieron con aguilón.

### **3.1.5 VARIABLES RESPUESTA**

#### **A. PRODUCCIÓN TOTAL DE CAÑA (tm/ha.).**

Una vez completado su ciclo anual, se procedió a la cosecha del ensayo, que se llevó a cabo utilizando alzadoras, tractores y jaulas para el transporte de la caña.

Al momento de la cosecha se formaron las chorras de tal forma que no hubiera traslape entre los tratamientos. Una vez cortado todo el ensayo se procedió a levantar la caña, para eso se llevaron los siguientes pasos:

- a) La alzadora junto con una jaula debidamente identificada levantaron toda la caña necesaria para llenarla.
- b) Una vez llena la jaula se midió la distancia necesaria de caña para llenar la jaula. Esto para poder el área de caña que transporto.
- c) Se solicitaron todos los datos de peso, % pol, rendimiento al laboratorio de fábrica.

**B. RENDIMIENTO ( Kg. Azúcar/Ton)**

Este valor de rendimiento se obtuvo de laboratorio de la fábrica. El rendimiento está dado en Kg. Azúcar/ Ton. De caña cosechada.

**C. PRODUCTIVIDAD (TAH)**

Este indicador se obtiene con la ecuación:

$$\text{Productividad} = \text{Producción} \times (\text{Rendimiento} \times 0.65) / 1000$$

**3.1.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN****A. ESTADÍSTICO**

Se realizó un análisis de varianza para las variables evaluadas, en caso necesario se utilizó una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) con un 5% de significancia, utilizando el software INFOSAT 2009.

### 3.1.7 DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

DISTRIBUCION DE BLOQUES Y TRATAMIENTOS EN EL CAMPO		
BLOQUE I		BLOQUE III
T1		T1
T2		T2
T3		T3
T4		T4
BLOQUE II		BLOQUE IV
T1		T1
T2		T2
T3		T3
T4		T4

**Figura #.9** Distribución de los tratamientos en el campo.

### 3.1.8 DISCUSION DE RESULTADOS

#### 3.1.8.1 PRODUCCIÓN

La figura 3.1.2 muestra las medias de producción obtenidas después de la cosecha, teniendo una diferencia directamente proporcional entre la aplicación del 100% y el 0%.

**Cuadro #.15** Medias de producción de caña de azúcar con respecto a los % de nitrógeno aplicados. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	3755.68	6	625.95	4.54	0.0216
Tratamiento	624.67	3	208.22	1.51	0.2774
Bloque	3131.01	3	1043.67	7.57	0.0078
Error	1241.50	9	137.94		
Total	4997.18	15			

De acuerdo al análisis de varianza realizado se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el valor de probabilidad mayor de 0.05, por lo tanto se concluye que todos los tratamientos producen el mismo efecto sobre la producción de caña de azúcar. Por lo tanto la producción de caña de acuerdo a los tratamientos evaluados estadísticamente no son diferentes. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran una diferencia hasta de 16.3 THC. entre el tratamiento aplicado con el 100% de nitrato y el testigo, lo cual indica que puede haber un beneficio con la aplicación de vinaza y nitrato de amonio.

### 3.1.8.2 RENDIMIENTO

La figura 3.1.3 muestra los rendimientos en kg azúcar/ton, puede observarse una diferencia de 16.36 kg azúcar/ton, por lo tanto se le hizo un análisis de varianza para evaluar los modelos.

**Cuadro #.16** Rendimiento en kg azúcar/ton de cada uno de los tratamientos evaluados. . Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1689.34	6	281.56	0.89	0.5370
Tratamiento	1127.59	3	375.86	1.19	0.3658
Bloque	561.75	3	187.25	0.60	0.6338
Error	2831.32	9	314.59		
Total	4520.66	15			

El análisis de varianza muestra tanto en los tratamientos como en los bloques una probabilidad mayor de 0.05, lo cual indica que ninguno de los tratamientos produce diferencias significativas sobre los demás. Aunque no existe diferencias significativas estadísticas se observa una diferencia de mas de 10 kg. de azúcar/ton. Esto representa un beneficio económico directo, ya que la producción de azúcar por tonelada repercute directamente sobre las ganancias generadas por la venta del producto.

### 3.1.8.3 PRODUCTIVIDAD

El cuadro 3.1.4 muestra el resultado del análisis de varianza de la productividad de los bloques evaluados, no se observan diferencias significativas, y que aunque existen diferencias entre las medias de los tratamientos al hacer el análisis de varianza se observa un valor de probabilidad mayor a 0.05 tanto en los tratamientos como en los bloques. De la misma manera las pruebas de tukey realizadas a los tratamientos y a los bloques confirman que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

**Cuadro #.17** Productividad en Ton azúcar/ha de cada uno de los tratamientos evaluados.

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	9.52	6	1.59	3.09	0.0629
Tratamiento	1.35	3	0.45	0.87	0.4897
Bloque	8.17	3	2.72	5.30	0.0222
Error	4.62	9	0.51		
Total	14.14	15			

### 3.1.9 CONCLUSIONES

De este ensayo pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- a) Entre los tratamientos existen diferencias tanto en producción, rendimiento y productividad pero no presentan diferencias significativas entre ellos.
- b) A pesar de no tener diferencias significativas fueron las medias de la reducción en un 50% la que presenta las medias mayores excepto en producción.
- c) La aplicación de 30m<sup>3</sup> produce efectos principalmente sobre la reducción de 50% la aplicación de nitrógeno, ya que presenta las medias mas elevadas.

### 3.1.10 BIBLIOGRAFIA

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2008. Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 2007-2008. Guatemala. 288 p.
2. Gómez, J. 1996. Efecto de la vinaza aplicación de vinaza en la producción de la caña de azúcar (en línea). Venezuela, Instituto Nacional de Investigación Agrícola. Consultado 15 dic 2009. Disponible en [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/canadeazucar/cana1401/texto/efecto.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/cana1401/texto/efecto.htm)
3. Romero, R. 2004. Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar (en línea). Argentina, EEAOC. Consultado 28 jul 2009. Disponible en: [http://www.eeaoc.org.ar/cania/gacet\\_fertilizacion.pdf](http://www.eeaoc.org.ar/cania/gacet_fertilizacion.pdf)

## **3.2 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE 18 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR CORPORACIÓN PANTALEÓN/CONCEPCIÓN, SIQUINALA, ESCUINTLA.**

### **3.2.1 PRESENTACION**

La fenología de la caña de azúcar puede dividirse en cuatro etapas bien definidas: germinación, crecimiento, diferenciación y maduración. La primera de estas cuatro etapas será la que marcará la homogeneidad de la población establecida en el campo.

La germinación es un proceso fisiológico que varía por cada variedad, por lo tanto debe de conocerse el comportamiento germinativo de cada una de las variedades por separado, y con esto poder establecer el manejo de acuerdo a su agresividad o lentitud en su poder germinativo.

Por lo tanto se seleccionaron 18 variedades entre las cuales se encuentran las de mayor uso a nivel comercial en la Corporación Pantaleón/Concepción tales como la CP88-1165, CP73-1547, CP72-2086 entre otras.

Se separó el tallo en dos partes, la zona meristemática (punta) y la zona basal (base). Con esto se obtuvo el poder germinativo por variedad y por sección del tallo. Los resultados obtenidos reflejaron que el poder germinativo en la sección de la punta llegó a tener hasta un 11.860% más que la zona basal del tallo. Se determinó también que los tallos primarios de las puntas llegaron a ser un 12.48% más densos que los tallos primarios de la zona basal confirmando el poder germinativo de las puntas.

### **3.2.2 MARCO CONCEPTUAL**

#### **A. GERMINACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

[javascript:void\(0\)](#)La caña de azúcar tiene esencialmente cuatro fases de crecimiento, que son la fase de germinación, la fase de ahijamiento o fase formativa, la fase del gran crecimiento y la fase de maduración. (Netafim ACS Israel. 2006).

#### **B. IMPORTANCIA DE LA GERMINACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

La caña de azúcar es un cultivo tropical que pasa por una serie de fases a lo largo de su ciclo donde su rendimiento dependerá del manejo agronómico y las condiciones a las que sea sometida cada una de ellas. La primera de estas fases es la germinación habiéndose demostrado que existe una marcada correlación entre la germinación y la producción de caña por hectárea, por lo que se considera a esta fase una de las más importantes del ciclo del cultivo (M.Ramón. 2002).

#### **C. FASES DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

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

En la caña de azúcar la germinación implica una activación y consiguiente brotación de las yemas vegetativas. La germinación de las yemas es influenciada por factores externos e internos. Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo. Los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional. La temperatura óptima para la brotación es de alrededor de 28-30°C. La temperatura mínima para la germinación es de 12°C. Un suelo cálido y húmedo asegura una rápida germinación. La germinación produce una mayor respiración y por eso, es importante tener una buena aireación del suelo. Por esta razón, los suelos abiertos, bien estructurados y porosos permiten una mejor germinación. Bajo condiciones de campo, una germinación en torno del 60% puede ser considerada segura para un cultivo satisfactorio de caña (M. Ramón. 2002).

### **3.2.3 OBJETIVOS**

#### **3.2.3.1 GENERAL**

- A. Describir el comportamiento de la germinación de 18 variedades de caña de azúcar con respecto al tiempo durante un período de sesenta días.

#### **3.2.3.2 ESPECÍFICOS:**

- A. Determinar el comportamiento de la germinación de la zona basal de los tallos de 18 variedades de caña de azúcar.
- B. Determinar el comportamiento de la germinación de la zona apical de los tallos de 18 variedades de caña de azúcar.

### **3.2.4 METODOLOGÍA**

El presente ensayo se llevó a cabo en la Finca Génova ubicada en las colindancias del municipio de La Democracia. Se sembraron 18 variedades, dentro de estas se encontraron las variedades de mayor uso comercial y algunas variedades promisorias, es decir, aun no comerciales ya que están en proceso de selección a nivel regional (proceso de selección de variedades).

#### **A. CORTE DE LA SEMILLA**

Como uno de los puntos de mayor importancia en esta investigación se tomo en cuenta la parte del tallo sembrada, es decir, la base del tallo o la parte apical o “punta”, esto con el objetivo de comprobar si existe dominancia apical.

Para la siembra de cada una de las variedades se requerían un total de 50 paquetes. Se cortaron 25 paquetes de “puntas” o partes apicales del tallo, y 25 de bases del tallo.

Todas las variedades fueron obtenidas de diferentes puntos, con diferentes edades entre ellas.

#### **B. TAMAÑO DEL ENSAYO**

Para este ensayo se utilizó un área de 0.7 has. Se trazaron cuatro repeticiones por cada una de las variedades, obteniendo 72 parcelas distribuidas al azar en el campo.

Cada una de estas unidades conto con 8 surcos de 10 mts. de largo cada uno.

#### **C. CONTEO DE YEMAS VIABLES**

Con el objeto de reducir la variabilidad, se estableció un número de 150 yemas viables por cada uno de los surcos. Por último al momento de la siembra se obtuvieron valores reales que variaban entre + - 2 yemas, esto para evitar el corte de los esquejes, factor que puede hacer variar los resultados.

#### D. VARIEDADES EVALUADAS

En total se evaluarán 18 variedades las cuales se presentan a continuación:

Q107, PGM89-968, Mex82-114, CG96-78, CP73-1547, B74-132, CP72-2086, CG00-092, CG97-97, CG96-135, Mex79-431, CP72-1312, RB84-5210, SP79-1287, CG98-10, CP88-1165, RB73-2577, PR75-2002

#### E. EDAD DE SEMILLAS

Una de las variables más significativas que se tuvo en este ensayo fue la edad de cada una de las variedades sembradas, las cuales llegaron a tener hasta 6 meses de diferencia. Las edades de cada una de las variedades se presentan en el cuadro 3.2.1

**Cuadro #.18** Edades de variedades utilizadas en el ensayo.

Variedades	Edades Meses
Q107	7.5
PGM89-968	5
CP73-1547	10.5
Mex82-114	8.5
CG96-78	8
B74-132	8
CP72-1312	9.5
CG96-135	8
CG00-092	9
CG97-97	11
CP72-2086	9
Mex79-431	9
CG98-10	9
RB84-5210	7.5
SP79-1287	9
CP88-1165	9
RB73-2577	7.5
PR75-2002	8

## **F. ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO**

La siembra se realizó el 19 de marzo de 2009. El riego se aplicó el mismo día de la siembra.

Cada una de las unidades contó con 8 surcos, los cuales se sembraron en dirección de sur a norte. En los primeros cuatro se sembró la semilla con la base del tallo y los cuatro restantes con la parte de la “punta”.

## **G. MANEJO DEL ENSAYO**

El suelo fue volteado y surqueado la forma tradicional que se tratan todos los lotes los cuales son renovados.

Al momento de la siembra se aplicó el primer riego, el segundo riego lo recibió a los 15 días después de la siembra, el tercero 30 días después de la siembra.

El día de la siembra se aplicó insecticida para el control de plagas del suelo.

## **H. MUESTREOS**

Los muestreos se realizaron a los 15,30, 45 y 60 días después de la siembra. Cada uno de los muestreos realizados se describe a continuación:

Los muestreos de los 15 y 30 días después de la siembra, se realizaron de forma similar:

- Se hizo el conteo de población total por surco, se tomó el dato para el registro.
- Se hizo una sumatoria de la población total de cada una de las parcelas, separando los resultados en “base” y “punta”.
- Se anotó para el registro.
- En total se tenían ocho surcos, cuatro de base y cuatro de puntas, se marcaron todos los tallos de cuatro surcos, por parcela, dos surcos de bases y dos surcos de puntas.
- La primera lectura, se marcaron los tallos con nylon negro, la segunda lectura se marcaron los tallos nuevos con nylon celestes por último se marcaron los tallos nuevos con nylon rojo.

## **I. TOMA DE RESULTADOS**

Por último, para la toma de datos para el levantamiento del ensayo se hizo en dos fechas. El primer arranque de esquejes se realizó a los 45 días después de la siembra, en esta fecha se levantaron solamente los surcos que no están marcados.

A los 60 días después de la siembra se arrancaron los surcos restantes, que son los surcos que fueron marcados con nylon.

### **3.2.5 VARIABLES RESPUESTA**

Las variables a medir fueron:

- Porcentaje de germinación de cada una de las variedades, a los 15, 30,45 y 60 días después de la siembra.
- Porcentaje de germinación de tallos primarios y secundarios 15 días después de la siembra en base y punta.
- Porcentaje de germinación de tallos primarios y secundarios 30 días después de la siembra.
- Porcentaje de germinación de tallos secundarios 45 y 60 días después de la siembra.

### 3.2.6 CROQUIS DEL ENSAYO

Ensayo de germinación de 18 variedades de caña de azúcar

Finca: Genova

Lote: 0101

Fecha de siembra: 18/ 03/09

CALLE

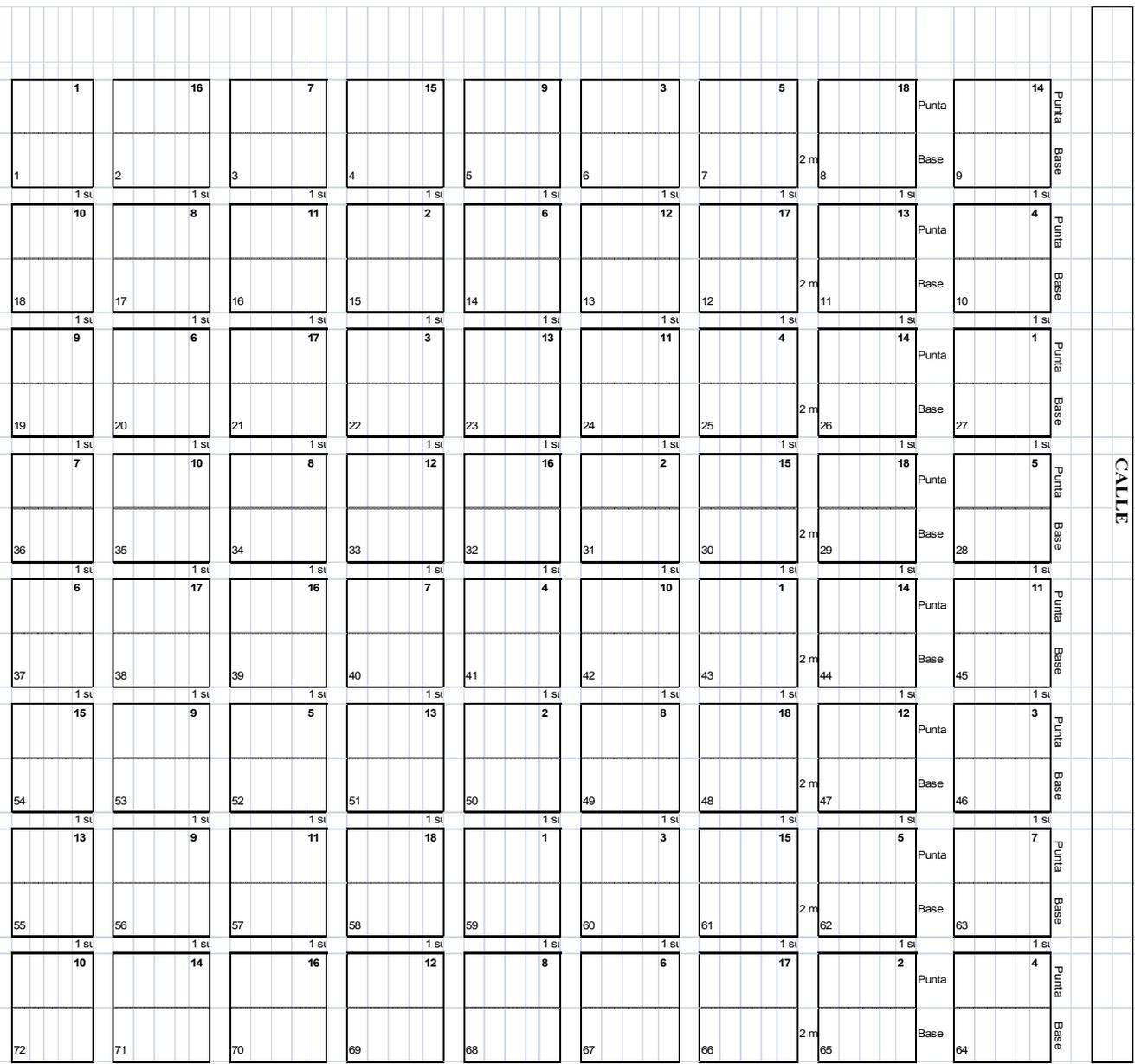
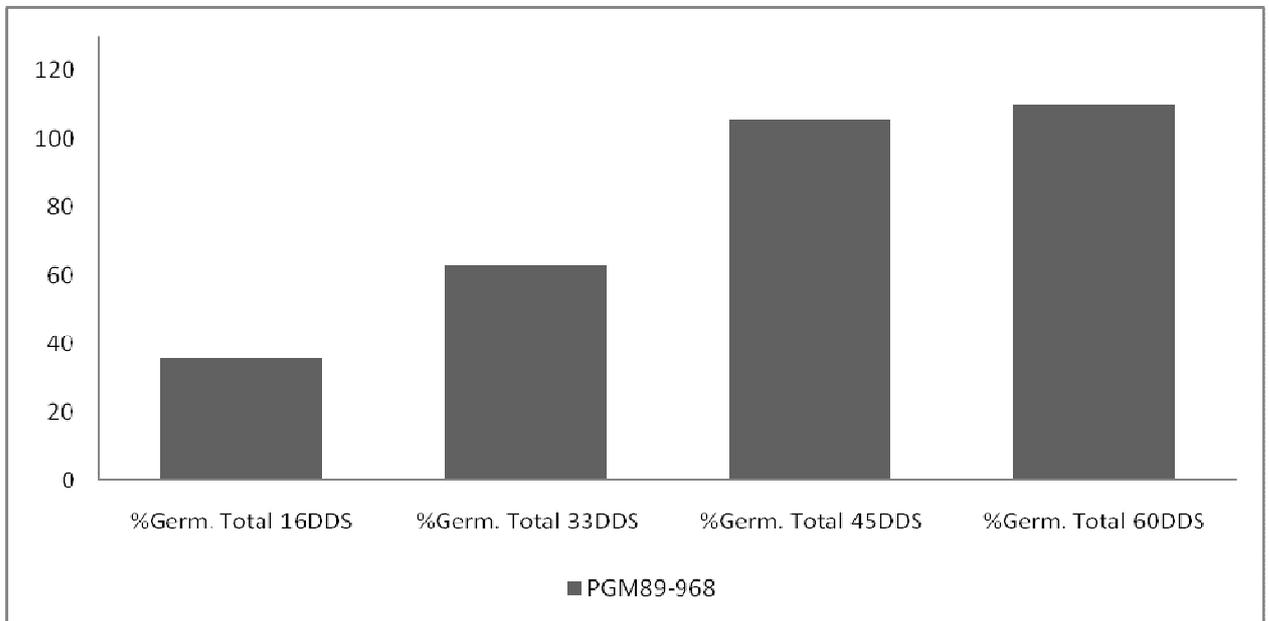


Figura #. 10 Distribución de unidades experimentales en el campo.

### 3.2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.2.7.1 RESULTADOS DE GERMINACION PARA VARIEDAD DE 7 MESES DE EDAD

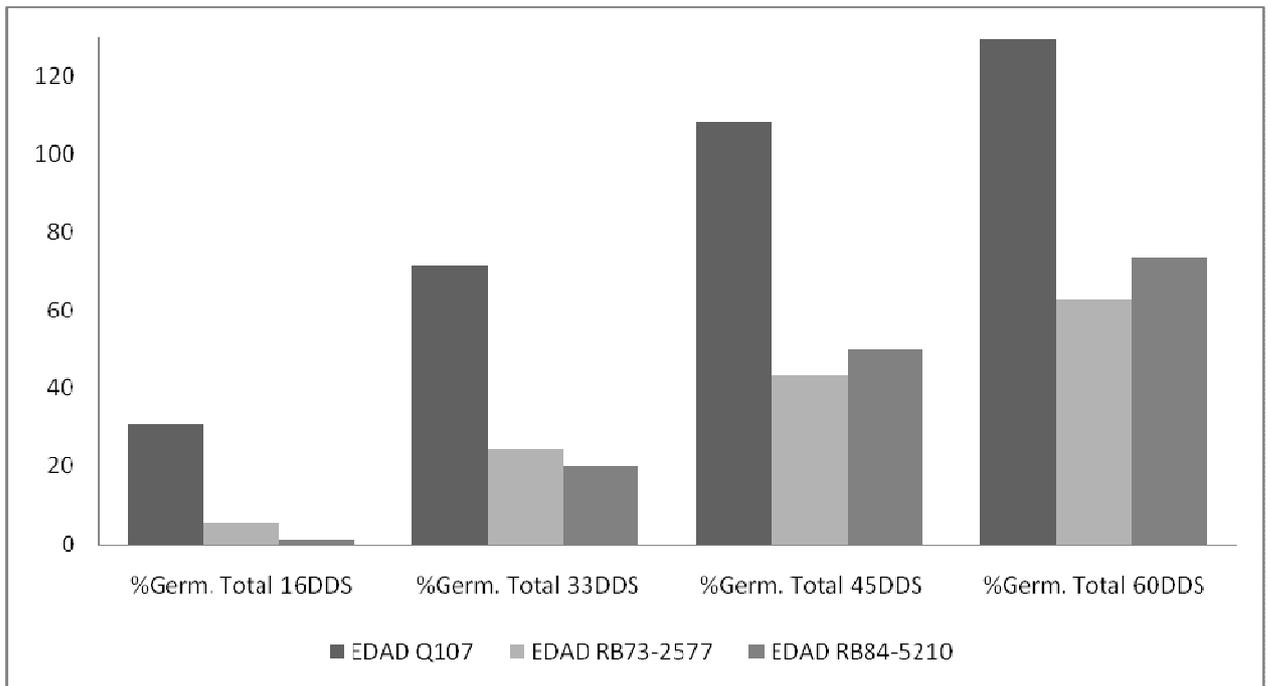
El cuadro 3.2.2 muestra el porcentaje de germinación para la variedad PGM89-968, siendo la única con siete meses de edad. 16 dds. se obtuvo un 35% de germinación y 62% 33 dds. , superando el 100% de germinación 45 dds, es decir, que esta variedad inicia su periodo de amacollamiento entre los 33 y 45 días después de la siembra.



**Figura #.11** Porcentajes de germinación a través del tiempo para variedad de 7 meses de edad.

**3.2.7.2 RESULTADOS DE GERMINACIÓN DE VARIEDADES DE 7.5 MESES DE EDAD**

La figura 3.2.3 muestra el comportamiento de germinación de las variedades sembradas con 7.5 meses de edad, estas fueron la Q-107, RB73- 2577 y RB84-5210. Se observa desde el primer muestreo el poder germinativo de la variedad Q-107 obteniendo 31% de germinación en comparación con la RB84-5210 que fue la de menor porcentaje. Con un 1.27%.

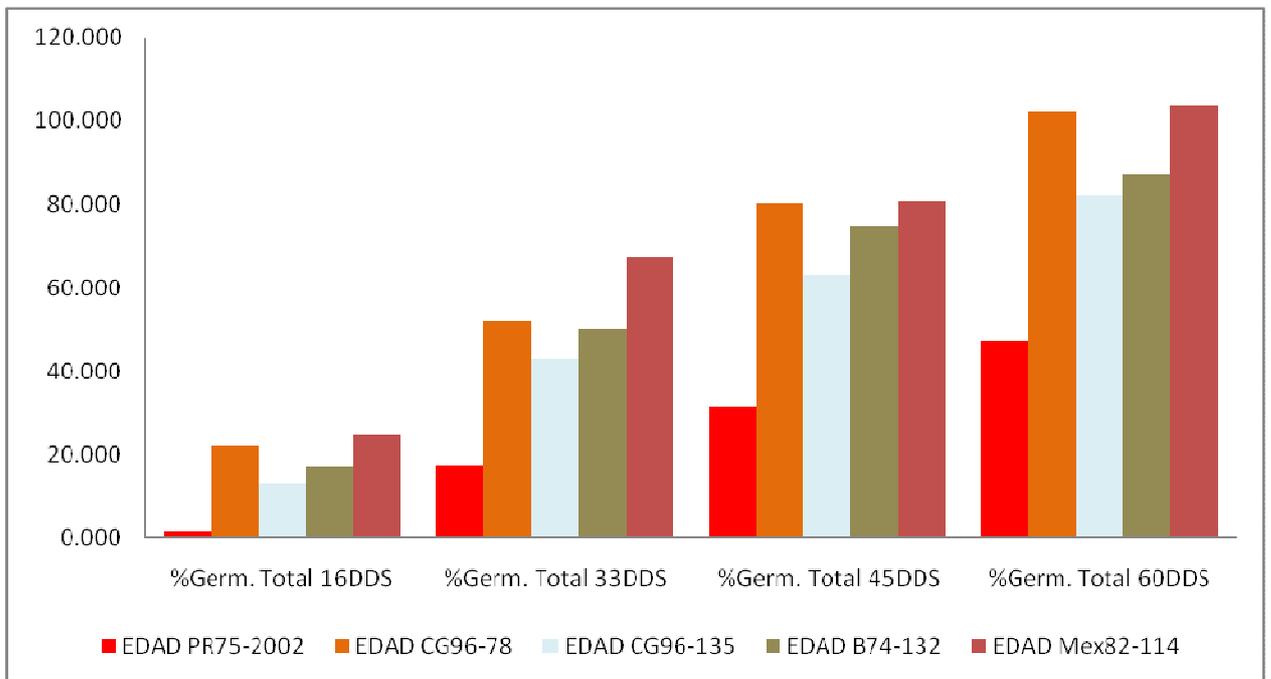


**Figura #.12** Comportamiento germinativo de variedades de 7.5 meses de edad.

De las tres variedades de 7.5 meses de edad evaluadas la Q-107 fue la única que supero el 100% de germinación dentro de los 60 días después de la siembra alcanzando un 128%. Quedando por detrás la RB84-5210 con 73.5% y por último la RB73-2577 con un 62.65% de germinación respectivamente.

**3.2.7.3 RESULTADOS DE GERMINACIÓN DE VARIEDADES DE 8 MESES DE EDAD**

En la figura 3.2.4 se observa el comportamiento germinativo para las variedades de 8 meses de edad. Observándose un comportamiento variable de germinación en donde la PR75-2002 se mantuvo durante los 60 días después de la siembra por debajo del resto de variedades, alcanzando un 46.9% sesenta días después de la siembra. Por el contrario las variedades CG96-78 y Mex82-114 tuvieron porcentajes de germinación por encima del 100% después de sesenta días de la siembra. Esto demuestra que el comportamiento germinativo varía por variedad.

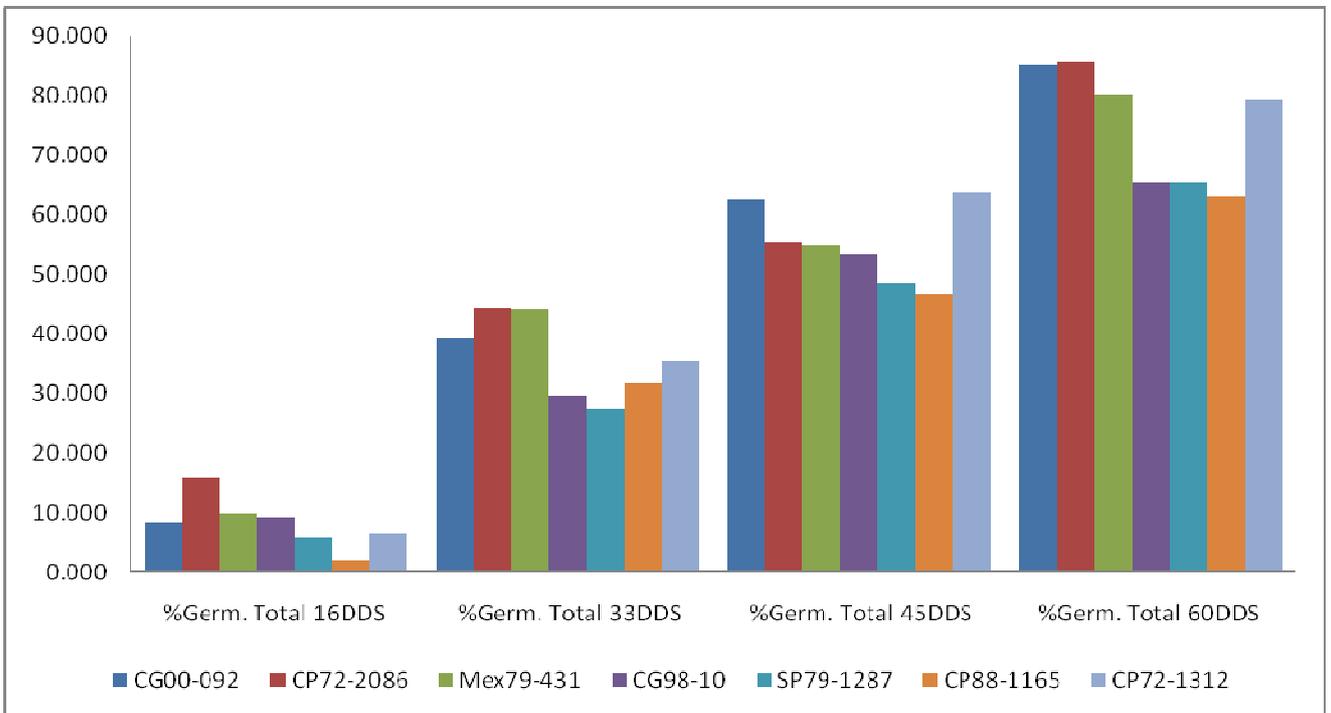


**Figura #.13** Comportamiento germinativo de variedades de 8 meses de edad.

También se obtuvo los porcentajes de germinación para las variedades CG96-135 y B74-132 siendo 87.3% y 81.7% respectivamente 60 días después de la siembra, manteniéndose durante todos los muestreos por debajo de las variedades antes mencionadas.

**3.2.7.4 RESULTADOS DE GERMINACIÓN DE VARIEDADES DE 9 MESES DE EDAD**

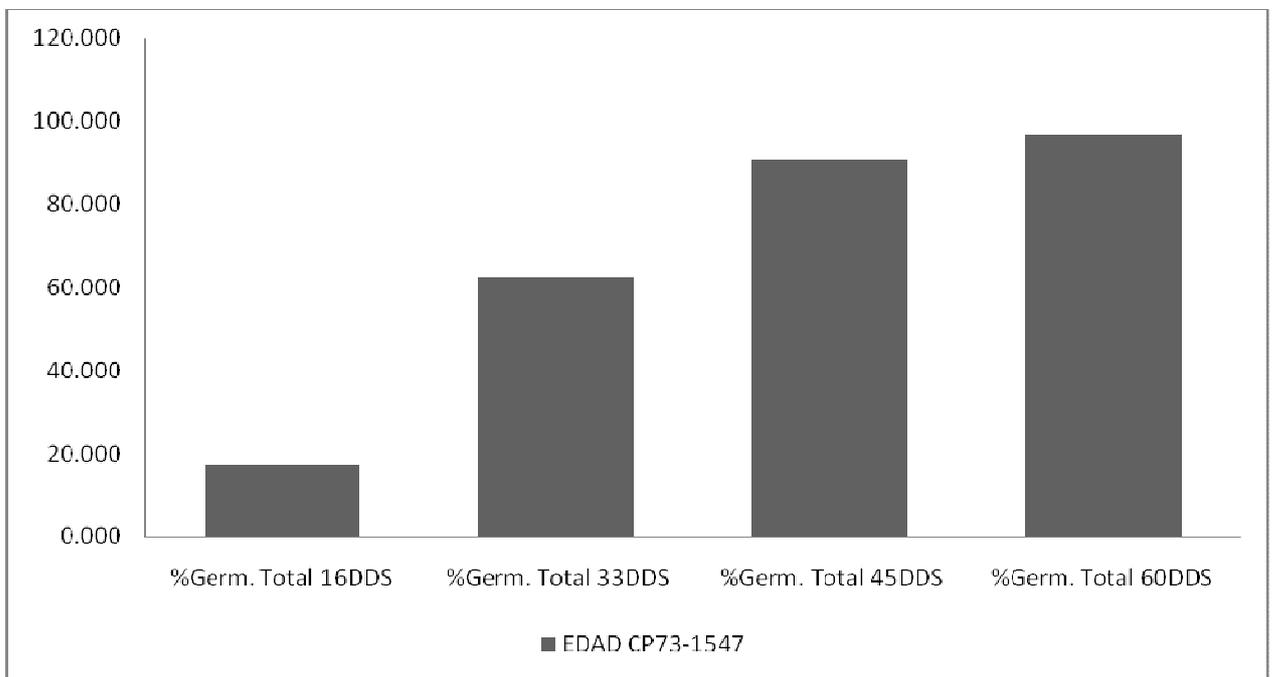
La figura 3.2.4 muestra el comportamiento de la germinación para siete de las variedades evaluadas. Este fue la edad de con la mayor moda, también fue a partir de esta edad en que ninguna de las variedades supero el 100% de germinación después de 60 días después de la siembra. Siendo la de mayor porcentaje la CP72-2086 con un 85% de germinación y la de menor germinación la CP88-1165 con un 62%.



**Figura #.14** Comportamiento germinativo de variedades de 9 meses de edad.

### 3.2.7.5 RESULTADOS DE GERMINACIÓN DE VARIEDADES DE 10.5 MESES DE EDAD

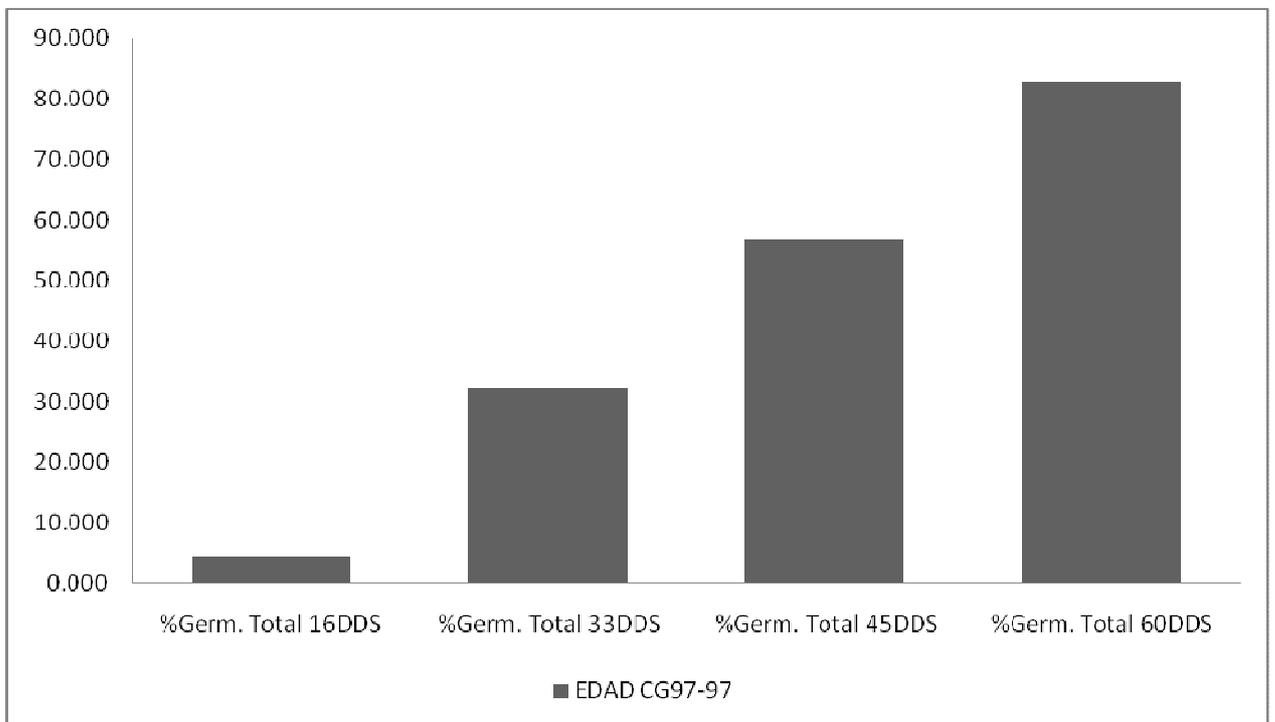
En la figura 3.2.5 se muestra el resultado de la dinámica de germinación de la CP73-1547, la cual fue la única variedad de 10.5 meses de edad en el ensayo. Esta variedad tuvo un porcentaje de germinación de 17% 16 días después de la siembra y alcanzó un 96% a los 60 días de sembrada.



**Figura #.15** Comportamiento germinativo de variedades de 10.5 meses de edad.

### 3.2.7.6 RESULTADOS DE GERMINACIÓN DE VARIEDADES DE 11 MESES DE EDAD

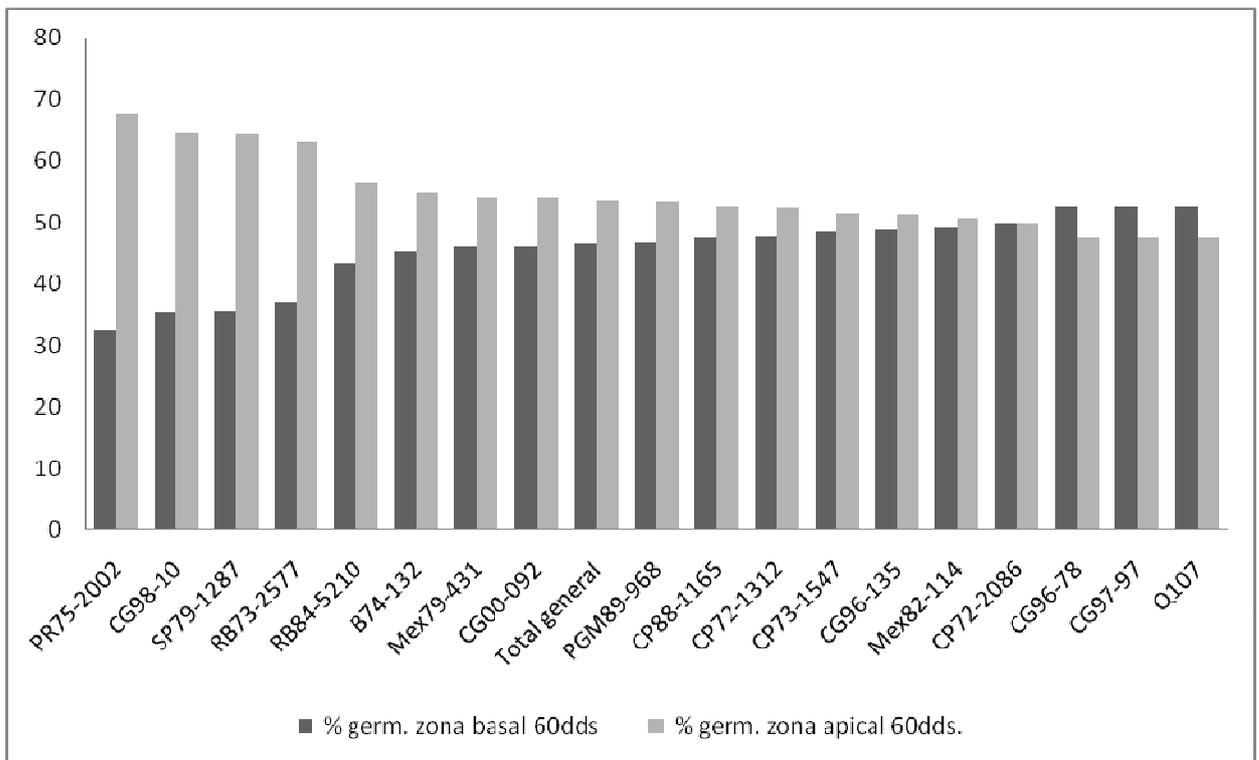
La figura 3.2.5 muestra el comportamiento de germinación para la variedad CG97-97, esta fue la variedad de mayor edad obteniendo 4.5% de germinación a los 16 días después de la siembra y 82.9% a los 60 días de sembrada.



**Figura #.16** Comportamiento germinativo de variedades de 11 meses de edad.

**3.2.6.7 RESULTADOS DE GERMINACION DE PUNTAS Y BASES**

La figura 3.2.6 muestra el resultado de germinación para bases y puntas sesenta días después de la siembra. Se observa que para la mayoría de las variedades, el porcentaje de germinación fue superior en la zona apical del tallo, es decir, el sembrar la parte superior del tallo garantiza tener mayor germinación. Sin embargo variedades como la CG96-78, CG97-97 y Q107 tuvieron porcentajes de germinación en la zona apical menores a los porcentajes alcanzados para la zona basal.



**Figura #.17** % de germinación para la zona basa y apical 60 días después de la siembra.

### 3.2.3 CONCLUSIONES

- A. Se obtuvo los porcentajes de germinación de 18 variedades de la empresa después de 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra por variedad y edad de la semilla.
  
- B. La diferencia de germinación de los tallos primarios entre puntas y bases es de 12.48% lo que indica que las puntas del tallo tienen mayor agresividad en el brote inicial de sus tallos.

### 3.2.4 BIBLIOGRAFÍA

1. Netafim ACS Israel, IL. 2006. Fases del cultivo de la caña de azúcar (en línea). Israel. Consultado 18 oct 2009. Disponible en [http://www.sugarcane crops.com/s/crop\\_growth\\_phases/](http://www.sugarcane crops.com/s/crop_growth_phases/)
2. Ramón, M. 2002. Efecto del deterioro post-corte sobre la germinación de la semilla asexual de cinco variedades de caña de azúcar (en línea). España. Consultado 20 oct 2009. Disponible en [http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/octubre\\_diciembre2002/ra4028.pdf](http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/octubre_diciembre2002/ra4028.pdf)