

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

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SEMILLA DE CAÑA DE AZÚCAR VARIEDAD CP73-1547;  
NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA  
TESIS DE GRADO

**MARVIN JOEL CETINO TUJ**  
CARNET 21683-06

ESCUINTLA, MARZO DE 2015  
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

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

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SEMILLA DE CAÑA DE AZÚCAR VARIEDAD CP73-1547;  
NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA  
TESIS DE GRADO

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

POR  
**MARVIN JOEL CETINO TUJ**

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

ESCUINTLA, MARZO DE 2015  
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

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

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

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

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

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

LIC. LUCIANO SAN JUAN REYNOZO

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

DRA. MARÍA ANTONIETA ALFARO VILLATORO

MGTR. ALMA LETICIA CIFUENTES ALONZO

MGTR. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ

Guatemala 25 de Marzo de 2015


Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Marvin Joel Cetino Tuj, carné 21683-06, titulada: "Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y características físicas de la semilla de caña de azúcar variedad CP73-1547 Finca El Retiro, Nueva Concepción, Escuintla".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Luciano San Juan Reynozo  
Colegiado No. 2939  
Cod. URL 22529



**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MARVIN JOEL CETINO TUJ, Carnet 21683-06 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0633-2015 de fecha 14 de marzo de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SEMILLA DE CAÑA DE AZÚCAR VARIEDAD  
CP73-1547; NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 24 días del mes de marzo del año 2015.

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de poder salir adelante.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Agr. Luciano San Juan Reynozo, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Agr. Douglas Valenzuela Gerente General de la zona No. 4 Ingenio madre tierra, por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación

## DEDICATORIA

A:

Dios: Que siempre me dio su misericordia, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis Padres: Mario Cetino y Narcisa Tuj a quienes quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos y por el sacrificio realizado a lo largo de estos años.

Mis Hermanos: Jennifer Cetino y en especial a Abner Nicolas Cetino Tuj (Q.E.P.D), por ser mi motivación a seguir adelante.

Mi Esposa: Alba Julieta por su apoyo y amor incondicional, por estar a mi lado en todo momento.

Mis Amigos: Por su apoyo y formar parte de mi desarrollo integral.

# ÍNDICE

	Página	
RESUMEN	i	
SUMMARY	ii	
I	INTRODUCCIÓN	1
II	MARCO TEÓRICO	3
2.1	ANTECEDENTES	3
2.2	TIPOS DE SEMILLEROS	4
2.2.1	Semillero original o del fitomejorador	4
2.2.2	Semillero básico	4
2.2.3	Semillero semi-comercial	5
2.2.4	Semillero comercial	5
2.3	EDAD DE LA SEMILLA	6
2.4	FACTORES A CONSIDERAR EN EL ESTABLECIMIENTO DE SEMILLEROS	6
2.5	OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCION DE SEMILLA	7
2.5.1	Manejo del cultivo antes del corte	7
2.5.2	Condiciones climáticas	7
2.6	NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN	8
2.6.1	Nitrógeno en el suelo	8
2.6.2	Fijación del nitrógeno	9
2.6.3	Mineralización del nitrógeno	9
2.6.4	Requerimientos de nitrógeno	10
2.7	CICLO VEGETATIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	11
2.8	DISPONIBILIDAD DE OTROS NUTRIENTES EN SUELOS MOLLISOLES	13
2.9	FUENTES DE N MAS UTILIZADO EN LA INDUSTRIA CAÑERA	13
2.9.1	Urea 46-0-0	13
2.9.1.1	Características físicas y químicas	13
2.9.1.2	Comportamiento en el suelo	14
2.9.1.3	Papel nutricional del nitrógeno	15
2.9.1.4	Usos y recomendaciones	15
2.9.1.5	Compatibilidad y estabilidad en almacenamiento	15
2.10	IMPORTANCIA DE LA VARIEDAD DE CAÑA DE AZÚCAR CP73-1547	16
III	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
IV	OBJETIVOS	19



		Página	
	4.1	GENERAL	19
	4.2	ESPECÍFICOS	19
V		HIPÓTESIS	20
VI		METODOLOGÍA	21
	6.1	LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO	21
	6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL	22
	6.3	FACTOR A ESTUDIAR	22
	6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	22
	6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	23
	6.6	MODELO ESTADÍSTICO	23
	6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL	23
	6.8	CROQUIS DE CAMPO	23
	6.9	MANEJO DEL EXPERIMENTO	24
	6.9.1	Manejo del cultivo antes de la aplicación de los tratamientos	24
	6.9.2	Aplicación de los tratamientos	25
	6.9.3	Corte de la semilla	25
	6.10	VARIABLES RESPUESTAS	25
	6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	26
VII		RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
	7.1	VARIABLE DE CADA TRATAMIENTO	27
	7.2	EFFECTOS GENERALES PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTAS	27
	7.2.1	Diámetro del entrenudo en centímetros	28
	7.2.2	Largo del tallo en metros	28
	7.2.3	Peso del paquete en kilogramos	29
	7.2.4	Número de paquetes (paquetes/ha)	29
	7.2.5	Análisis económico	30
VIII		CONCLUSIONES	32
IX		RECOMENDACIONES	33
X		REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
XI		ANEXOS	36

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tratamientos de fertilización nitrogenada evaluados en caña de azúcar.	22
Cuadro 2. Fertilización utilizada por el Ingenio Madre Tierra para la caña de azúcar.	22
Cuadro 3. Resultado promedio de las variables evaluadas en cada tratamiento	27
Cuadro 4. Resumen integrado de los análisis de varianza para cada variable de respuesta	28
Cuadro 5. Rendimiento de paquetes por hectárea y su respectiva área a sembrar	29
Cuadro 6. Costos de producción	30
Cuadro 7. Ingreso bruto, ingreso neto, rentabilidad y relación B/C	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Producción de semilla a partir del semillero original	5
Figura 2. Formula estructural de la Urea	14
Figura 3. Localización del área experimental	21
Figura 4. Distribución de los tratamientos en el campo	23

# **EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SEMILLA DE CAÑA DE AZÚCAR VARIEDAD CP73-1547, NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA**

## **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de una segunda aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento y características físicas de la semilla de caña de azúcar así como la factibilidad económica. La investigación se realizó en finca El Retiro, Nueva Concepción, Escuintla. El estudio se realizó de Noviembre de 2012 a Enero de 2013. Los tratamientos evaluados fueron: el testigo tradicional sin aplicación y tres dosis de Nitrógeno 66, 132 y 198 kg. Las variables de respuestas fueron: rendimiento en número de paquetes por hectárea, diámetro del entrenudo, largo del tallo, peso del paquete de semilla y análisis económico. El diseño experimental fue bloques completamente al azar, distribuido en parcelas divididas con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los resultados indican que en el rendimiento en número de paquetes por hectárea no hubo diferencia estadística, sin embargo en la media general el mejor tratamiento fue la dosis de 198 kg de N, dando como resultado que se puede sembrar 0.75 ha más con relación a los demás tratamientos. En cuanto al diámetro, largo del tallo y peso del paquete, no se produjo ningún efecto entre los tratamientos evaluados. El análisis de rentabilidad indicó que de los cuatro tratamientos evaluados el de mayor beneficio económico fue el testigo sin aplicación, al obtener el 160% de rentabilidad.

# **EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE YIELD AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE CP73-1547 VARIETY SUGARCANE SEED, NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA**

## **SUMMARY**

The objective of this study was to evaluate the effect of a second application of nitrogenous fertilizer on the yield and physical characteristics of sugarcane seed, as well as the economic feasibility. The research was carried out in El Retiro farm, Nueva Concepción, Escuintla, from November 2012 to January 2013. The evaluated treatments were: traditional check without application and three nitrogen doses of 66, 132, and 198 kg. The response variables were: yield in number of packs per hectare, diameter of internode, stalk length, weight of the seed package, and economic analysis. A complete randomized block design, distributed in split plots, with 4 treatments and 4 replicates was used. The results indicate that in the yield of number packages per hectare no statistical difference was found; however, in the general average, the best treatment was the dose of 198 kg of N because 0.75 ha more can be planted compared with the other treatments. Regarding diameter, stalk length and package weight, there was no effect among the evaluated treatments. The profitability analysis indicated that from the four evaluated treatments, the check without application obtained the higher economic benefit, obtaining a 160% profitability.

## I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera guatemalteca representa actualmente el 29.83 % del valor total de las exportaciones agrícolas en Guatemala y el 13.91 % de las exportaciones totales del país. Este ingreso representa alrededor del 3 % del Producto Interno Bruto nacional. Durante el año 2011, la producción de azúcar y melaza generaron un ingreso de US\$ 702.9 millones (CENGICAÑA, 2012).

El cultivo comercial de la caña de azúcar se caracteriza por producir varios años, a partir de su siembra. Esta situación hace importante considerar varios factores que intervienen en la fase inicial del cultivo, de los cuales dependerá el buen desarrollo y la obtención de una buena cosecha (CENGICAÑA, 2012).

El establecimiento de plantaciones comerciales de caña de azúcar a partir de semilla producida con un plan de manejo adecuado, es un proceso determinante para lograr alta productividad, con plantas que presentan desarrollo y vigor adecuado y con mayor número de años en el campo. Estas condiciones permitirán retribuir, con rentabilidad, las inversiones realizadas. Por lo tanto, la producción de semilla de calidad es de suma importancia (DIECA, 2010).

Tradicionalmente los semilleros de caña utilizados en la región para el establecimiento de las plantaciones comerciales, procedían de plantaciones cuyo destino inicial había sido caña comercial o moledera. Este tipo de plantación no era manejada específicamente para la producción de semilla, y no se tomaban en cuenta factores que podrían conducir a la producción de material de calidad para la siembra de plantaciones comerciales. Dichas plantaciones producían materiales con poco vigor (cañas delgadas), cañas viejas con pocas yemas, enraizadas y deterioradas, con plagas y enfermedades; semilla insuficiente de acuerdo a la tasa de renovación del productor (DIECA, 2010).

Hoy en día algunos ingenios buscan alternativas para poder mejorar la producción de semilla de caña, esto con la finalidad de evitar la poca uniformidad en el tamaño de entrenudos, en el diámetro de los mismos y en el peso de los paquetes. Además, buscar la uniformidad en la brotación de los esquejes.

De lo anterior surgió la siguiente propuesta de investigación, en la cual se evaluó el efecto de diferentes dosis de N aplicadas a los 6 meses de edad de caña de azúcar, sobre el rendimiento

y uniformidad de tallos. Esta investigación se llevó a cabo en la finca El Retiro, Nueva Concepción, bajo la administración del ingenio Madre Tierra.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

Para establecer un semillero se debe ser exigente en cuanto a la calidad y origen de la semilla a utilizar, ya que desde esta etapa se inicia con el éxito de una plantación comercial. Por ello es importante considerar los siguientes aspectos: semilla con buen vigor, erecta, sin raíces y que presente una adecuada cantidad y calidad de yemas. La edad adecuada se sitúa entre 7 a 10 meses. El tiempo entre el corte y la siembra debe hacerse en un máximo de 4 días y en el transporte debe evitarse demasiada manipulación de la semilla para no dañar las yemas (DIECA, 2010).

En el mejoramiento genético de la caña de azúcar, uno de los objetivos permanentes es generar variedades de alto potencial de rendimiento, con adaptación a las diferentes condiciones ambientales, resistentes a las plagas y enfermedades más comunes y con adecuadas características agronómicas. Por lo tanto una variedad mejorada posee la mayor parte de estos atributos, producto del esfuerzo de investigación, inversión y tiempo. Sin embargo, en corto o mediano plazo las bondades de esta variedad mejorada, pueden disminuir o perderse, si no existe un sistema apropiado de multiplicación de semilla agámica de caña de azúcar. Por otra parte, la semilla de alta calidad amplía el potencial productivo de los cañaverales, repercutiendo en el beneficio de la competitividad y rentabilidad del cultivo (CENGICAÑA, 2004).

Diez de los once ingenios han reportado poseer instalaciones para el manejo de semilla asexual de caña de azúcar, así como contar con personal de campo capacitado para el proceso de multiplicación de semillas. Todos los ingenios considerados en el estudio cuentan con planta de tratamiento hidrotérmico. Los ingenios Magdalena y Santa Ana poseen Laboratorio de Cultivo de Tejidos (CENGICAÑA, 2004).

Los objetivos de un sistema de multiplicación de semilla asexual de caña de azúcar de alta calidad son los siguientes: 1) Asegurar la pureza y sanidad de la variedad a reproducir, 2) Obtener óptima brotación y buen desarrollo vegetativo y 3) Disponer de suficiente cantidad y calidad de semilla de las variedades recomendadas. Para alcanzar estos objetivos el sistema debe considerar dos componentes principales: a) Mantenimiento varietal y b) Producción de semilla (CENGICAÑA, 2004).



El área administrada por los once ingenios es de 230,00 hectáreas. Anualmente se renueva un área comercial de 46,000 ha, equivalentes al 20 por ciento. Para renovar esta área se requieren aproximadamente 4,600 ha de semillero comercial.

## **2.2 TIPOS DE SEMILLEROS**

Para uniformizar la información se han definido cuatro categorías de semilleros: original o del fitomejorador, básico, semicomercial y comercial. Se considera que el semillero original está a cargo directamente del Programa de Variedades de CENGICAÑA. Diez de los once ingenios establecen semilleros básicos, semicomerciales y comerciales. La fuente de semilla para cada categoría de semillero es variada. Hay ingenios que utilizan semilla de acuerdo a la secuencia de las categorías. Por ejemplo: el semillero básico es establecido con semilla procedente de diferentes categorías o de plantaciones comerciales, teniendo el cuidado de la pureza genética; el semillero básico es fuente de semilla para establecer el semillero semicomercial y éste a su vez, es fuente de semilla para el semillero comercial del cual se produce la semilla para las renovaciones comerciales (CENGICAÑA, 2004).

### **2.2.1 Semillero original o del fitomejorador**

Con las variedades promisorias CG, el programa de variedades de CENGICAÑA proporciona la semilla original para el establecimiento del semillero básico (CENGICAÑA, 2004).

### **2.2.2 Semillero básico**

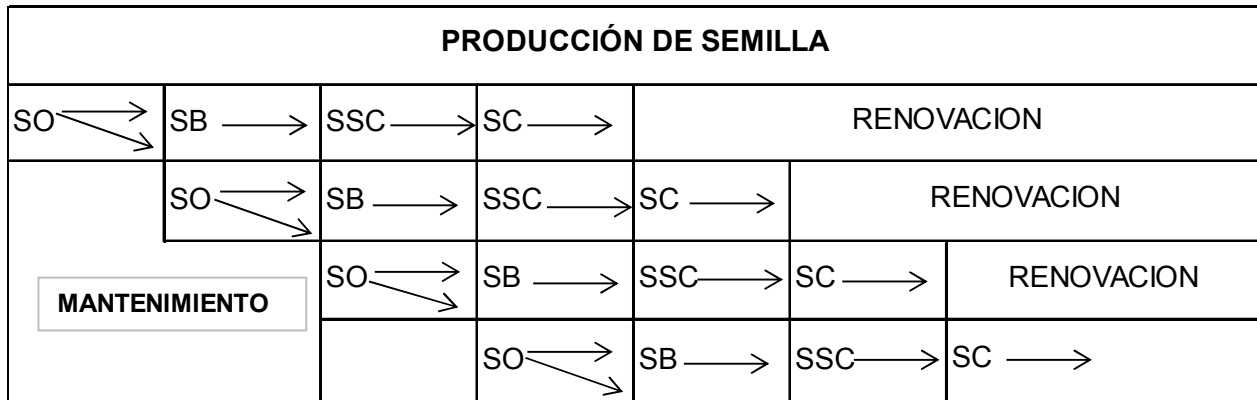
Este semillero de preferencia se establece con semilla procedente del semillero original. Antes de establecer este semillero la semilla debe de tratarse hidrotérmicamente, se debe utilizar semilla de plantía y tomar en cuenta otros factores que se consideran en el establecimiento de los semilleros. En casos especiales, cuando no exista semilla original se puede utilizar semilla proveniente de su misma u otras categorías de semilleros o plantaciones comerciales, siempre y cuando se controle la pureza genética y el aspecto fitosanitario (CENGICAÑA, 2004).

### 2.2.3 Semillero semi-comercial

La semilla que se utiliza para este semillero debe provenir de un semillero básico. La semilla a sembrar debe tratarse hidrotérmicamente, utilizar semilla de plantía y tomar en cuenta otros factores que se consideran en el establecimiento de los semilleros. Sólo en casos especiales, cuando no exista semilla básica, se puede utilizar semilla proveniente de su misma categoría (semi-comercial), siempre y cuando se controle la pureza genética y el aspecto fitosanitario. También en casos especiales se puede utilizar semilla proveniente hasta de un segundo corte (CENGICAÑA, 2004).

### 2.2.4 Semillero comercial

Este semillero se establece con semilla proveniente del semillero semi-comercial, pudiéndose utilizar semilla proveniente de un primero o segundo corte, sin perder de vista la pureza genética y el aspecto fitosanitario. Además, se deben de tomar en cuenta los factores importantes en el establecimiento de semilleros de caña de azúcar. De este semillero surge la semilla para las renovaciones comerciales, de preferencia utilizar semilla del primer corte o de un segundo corte cuando fuese necesario (CENGICAÑA, 2004).



Categorías de Semilla: SO = Original, SB = Básico, SSC = Semicomercial, SC = Semilla Comercial y Renovación = Área comercial a renovar.

Figura 1. Producción de semilla a partir del semillero original Fuente: (CENGICAÑA, 2004).

## 2.3 EDAD DE LA SEMILLA

En promedio la edad de la semilla en las diferentes categorías de semilleros se da en el rango de 7 a 10 meses, poniéndole mucha atención a la edad de la semilla de los semilleros comerciales (CENGICAÑA, 2004).

## 2.4 FACTORES A CONSIDERAR EN EL ESTABLECIMIENTO DE SEMILLEROS

Según CENGICAÑA (2004), la semilla asexual de alta calidad en caña de azúcar debe reunir diferentes tipos de calidades, tales como la calidad genética, fisiológica, sanitaria y física. Para reunir estos tipos de calidades se deben considerar varios factores que están relacionados con el establecimiento de las diferentes categorías de semilleros. Dichos factores se mencionan a continuación:

- Elaborar un programa de semilleros.
- Elegir los mejores suelos, que sean accesibles a riego.
- Ubicar los semilleros en un lugar estratégico que permita la reducción de gastos de transporte a las áreas de otros semilleros o áreas comerciales a sembrar.
- Evitar las mezclas mecánicas que pueden ocurrir durante la siembra, cosecha, tratamiento hidrotérmico, transporte y otros.
- Evitar las mezclas ubicando los semilleros en áreas sin residuos del mismo cultivo.
- Realizar la práctica de cultivos de rotación (con leguminosas de preferencia) en las áreas de semilleros para evitar mezclas, reducir inóculo de enfermedades y mejorar las condiciones del suelo.
- Disponer de un descriptor de las variedades en multiplicación.
- Utilizar yemas con alto contenido de humedad y adecuado contenido de nutrientes.
- Utilizar variedades resistentes al carbón (*Ustilago scitaminea* Syd), roya (*Puccinia melanocephala*), escaldadura foliar (*Xantomonas albilineans*) y mosaico (SCMV).
- No utilizar semilla infectada con raquitismo de las socas (*Leifsonia xyli* Subs. *xyli* Davis).
- Realizar tratamiento hidrotérmico para el raquitismo de las socas, para las categorías de semilleros originales, básicos y semicomerciales.
- Antes de la siembra es necesario tratar la semilla con un fungicida para evitar pudriciones de los esquejes en el suelo.

- Aplicar prácticas adecuadas de manejo del cultivo (fertilización, riego, control de plagas, malezas y enfermedades).
- Disminuir en la medida de lo posible el tiempo entre el corte de la semilla y establecimiento del semillero.
- Hacer desinfección de las herramientas de corte, por inmersión en una solución de yodo.
- No debe efectuarse más de un corte a un mismo semillero, exceptuando algunos casos especiales en donde se hará un segundo corte (primera soca).
- Se debe utilizar una edad apropiada de la semilla (7-9 meses).
- Para asegurar la pureza varietal es recomendable hacer monitoreo de los semilleros.

## **2.5 OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA**

### **2.5.1 Manejo del cultivo antes del corte**

En el manejo del cultivo los factores más relevantes son: la variedad cultivada, la fertilización (nitrogenada) y el riego. La fertilización principalmente durante la etapa inicial del cultivo para poder obtener altas producciones, las aplicaciones de nitrógeno se deben realizar durante los primeros meses de desarrollo del cultivo, entre los dos y los seis meses, tratando la manera de que el contenido en las hojas, de este nutriente al final del periodo vegetativo, sea bajo y así favorecer la concentración de azúcar (Larrahondo & Villegas, 1995).

### **2.5.2 Condiciones climáticas**

Entre los principales factores climáticos que limitan la producción de la caña de azúcar se encuentran: la temperatura, precipitación pluvial y luminosidad.

- **Temperatura:** afecta la absorción de agua y nutrientes hacia la planta, limitando o acelerando su crecimiento y desarrollo. Las bajas temperaturas en las zonas subtropicales durante la época lluviosa reducen casi totalmente el crecimiento de la caña porque afectan la formación de la clorofila y la absorción de nitrógeno (Larrahondo & Villegas, 1995).
- **Precipitación pluvial:** el factor dominante para la síntesis y translocación de azúcares es la humedad interna en la planta; cuando esta se encuentra en su desarrollo requiere una cantidad adecuada para cumplir con sus procesos fisiológicos. Cuando el contenido de humedad en el suelo es bajo, el agua presente en los entrenudos más jóvenes se reduce y

como consecuencia el crecimiento de estos se reduce en forma gradual (Larrahondo & Villegas, 1995).

- **Luminosidad:** la luz es la principal fuente de energía para los cultivos, ésta juega un papel importante en el almacenamiento y producción de la sacarosa en las hojas y en los tallos (Larrahondo & Villegas, 1995). Según Sáenz (2004), la planta de caña de azúcar es fotosintéticamente C4, lo que significa que es muy eficiente en la absorción de energía lumínica en los cloroplastos, pero también es muy exigente en los niveles de energía radiante alcanzados por los tejidos foliares, para que esta sea eficiente en la formación de biomasa (tonelaje de caña y azúcar).

## 2.6 NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

La planta de caña de azúcar para su buen crecimiento y desarrollo requiere de 13 elementos inorgánicos: el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). También se le adiciona el silicio (Si); aunque no se considera esencial, es benéfico en la nutrición del cultivo. Estos elementos son minerales y provienen del suelo o son adicionados como fertilizantes. Para suplir los macro-elementos se utiliza comúnmente la urea ( $\text{CO}(\text{NH})_2$ ), nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ), fosfato di amónico (DAP), fosfato mono amónico (MAP), triple superfosfato (TSP), yeso como fuente de calcio se utiliza la cal dolomítica o carbonato de calcio (Pérez, 2012).

### 2.6.1 Nitrógeno en el suelo

El nitrógeno es un componente esencial de las células y se encuentra principalmente en las partes jóvenes de la planta en estado de crecimiento. Es absorbido por las plantas en forma de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ; ya dentro de estas, se reduce y pasa a formar carbohidratos que componen algunas proteínas (Tisdale, 1988 citado por Morales, 1999).

Su deficiencia en la planta se manifiesta por una coloración verde amarilla en las hojas inferiores. Al existir una deficiencia severa, se secan las puntas de las hojas y este secado avanza hacia la parte media de la hoja por la nervadura central, también es notado un escaso

desarrollo de cepas y números de tallos por metro lineal (Quintero; Jen y Castilla, 1984; citados por Morales, 1999).

### **2.6.2 Fijación del nitrógeno**

Una de las mayores fuentes de nitrógeno del suelo es la fijación del nitrógeno, una acción microbial en la cual el nitrógeno ( $N_2$ ) es tomado del aire y fijado al suelo en formas utilizables por las plantas. La fijación de nitrógeno por organismos es de dos tipos simbiótica y a simbiótica. En la fijación simbiótica, la bacteria causa la formación de nódulos radiculares (crecimiento anormal de la raíz) en ciertas plantas huéspedes (principalmente leguminosas). (Cassalett; Torres & Echeverri, 1995; citado por Morales, 1999).

En la fijación asimbiótica, tipos especiales de microorganismos (ciertas bacterias y microorganismos de alga azul – verde) que viven independientemente en el suelo y en el agua, convierten el nitrógeno ( $N_2$ ) en nitrógeno que forma parte del tejido de su cuerpo, dejándolo para que la planta lo use después que se mueren y descomponen. El nitrógeno fijado por simbiosis varía de pocas libras por hectárea a más de 112 kg/ha (Cassalett; Torres y Echeverri, 1995; citado por Morales, 1999).

A pesar que los nutrientes pueden influenciar la fotosíntesis, la translocación y almacenamiento de los azúcares, su mayor contribución es asegurar el crecimiento máximo de la caña y obtener el mayor tonelaje de caña por hectárea (Cassalett; Torres y Echeverri, 1995 citado por Morales, 1999).

### **2.6.3 Mineralización del nitrógeno**

La mayor fuente del nitrógeno en el suelo es la materia orgánica. Cuando la materia orgánica del suelo se mineraliza, el nitrógeno es liberado como un ion utilizable, amonio. Originalmente el amonio se conoció incorrectamente como la única forma mineral de nitrógeno, porque la conversión de nitrógeno orgánico en forma de amonio se denominó amonificación. Esta liberación de nitrógeno de la descomposición de la materia orgánica es la fuente más importante de nitrógeno utilizable en campos no fertilizados.

Aunque la materia orgánica del suelo contiene aproximadamente 5% peso de nitrógeno. Solo cerca de 2 a 5 % del total es liberado anualmente por descomposición. La descomposición es más rápida en suelos cálidos, bien aireados y húmedos, como las arenas en época seca y es

lenta en las arcillas en la primavera fría, mineralizando el 3 % de la materia orgánica de un suelo que contiene solo un 4 %, el suelo obtendría 134 kg/ha de nitrógeno como amonio (Fassbender, 1972; citado por Morales, 1999).

#### **2.6.4 Requerimientos de nitrógeno**

En experimentos realizados en Colombia, sobre fertilización de la caña de azúcar (Quintero; Jen y Castilla, 1984; citados por Morales, 1999), se estableció que el nitrógeno es el de mayor limitante en la producción de este cultivo y que sus requerimientos varían según el tipo de suelo, número de corte y variedad utilizada.

Las características de un suelo que influyen en la aplicación de este elemento son la materia orgánica, drenaje y profundidad del nivel freático (Quintero; Jen y Castilla, 1984; citados por Morales, 1999).

El nitrógeno es el nutrimento más necesario para la caña porque lo consume en grandes cantidades, por lo tanto habrá que restituirlo después de cada cosecha. Las aplicaciones tempranas de nitrógeno son las mejores, entonces las plantillas cosechadas de enero en adelante se deben de fertilizar enseguida del corte, sobre todo cuando se dispone de buena humedad en el suelo o hay agua para riego. Otra norma importante es no fertilizar a los 6 meses antes de la fecha de corte del campo, a fin de dar tiempo para que la caña aproveche los nutrimentos. La madurez se retrasa con aplicaciones tardías de nitrógeno, entonces no se debe fertilizar la caña dentro de los 90 días anteriores a la cosecha (DIECA, 1999).

En el caso de la caña de azúcar se tiene plenamente demostrado en la práctica que aplicaciones excesivas de N, o cuando las mismas son realizadas en forma muy tardía, afectan en muchos casos con carácter significativo la calidad industrial de la caña al deteriorar (disminuir) las concentraciones de sacarosa y con ello las purezas del jugo (DIECA, 1999).

Según Clements (1980), CENICAÑA (1995) y Subiros (1995); citados por DIECA, (1999), este efecto se produce por razones de orden metabólico e intermedian en él, cuatro elementos principales: a) el contenido de humedad presente en los tejidos de la planta, b) la concentración de nitrógeno, c) el contenido de sacarosa (azúcar no reductor) en los tallos y d) los azúcares reductores (glucosa y fructosa) presentes en el vegetal.

## 2.7 CICLO VEGETATIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Según Clements (1980), CENICAÑA (1995) y Subiros (1995) citados por DIECA (1999), el ciclo vegetativo de la caña de azúcar ha sido descrito en tres fases básicas (algunos autores indican cuatro):

- **Fase 1:** Brotación o retoñamiento (emergencia), ahijamiento, macollamiento y crecimiento; se le ubica su final en el momento que la plantación “cierra” en el campo.
- **Fase 2:** Crecimiento activo alcanzando la planta la plenitud de su desarrollo; finaliza al iniciar la concentración de sacarosa en los tallos, con la emergencia de la yema floral.
- **Fase 3:** Maduración; con la conversión del meristemo apical en floral se da inicio a esta etapa que finaliza con el punto de máxima concentración de sacarosa y cosecha de la caña. Al igual que el resto de fases está muy influenciada por el clima.

Los efectos que la planta de caña sufre sobre su calidad agroindustrial por las aplicaciones de N se dan en estas etapas bajo diferentes formas. Cuando la planta de caña se encuentra en cumplimiento de sus fases iniciales de crecimiento acelerado (fases 1 y 2), requiere y emplea importantes cantidades de energía para atender sus actividades metabólicas normales de formación de nuevo tejido, para lo cual emplea los azúcares reductores como fuente inmediata de energía; esos azúcares están representados básicamente por la glucosa y la fructosa (carbohidratos).

En esas fases (sobre todo la primera) la concentración de azúcares no reductores (sacarosa) son bajos, pese a lo cual se incrementan paulatinamente con el tiempo en tanto la planta de caña se acerca a su última fase de maduración, cuando los contenidos de azúcares reductores a su vez son mínimos Clements, (1980), CENICAÑA, (1995) y Subiros (1995), citados por DIECA, 1999).

Como es lógico suponer y de hecho en la realidad sucede, la planta debe disponer además de energía para cumplir con los procesos metabólicos involucrados, también de humedad y nutrimentos.

El nitrógeno en este caso, como ya se comentó suficientemente, cumple un rol vital por las funciones que desempeña, razón por la cual su presencia en esas primeras etapas es significativa y sus concentraciones son por lo tanto elevadas. Resulta por ello normal que



conforme la planta de caña de azúcar se acerca a su período de madurez, reduzca y detenga paulatinamente su ritmo de crecimiento y con ello el empleo de los azúcares reductores y el nitrógeno, así como también los contenidos de humedad del tejido; la absorción del nutrimento disminuye Zuñiga, (1972), citado por DIECA, (1999).

La relación entre esos elementos mantiene entonces la siguiente secuencia: en las fases 1 y 2 los contenidos de humedad, N y azúcares reductores son elevados con tendencia a decrecer conforme aumenta la edad, mientras que la sacarosa es baja, aunque tiende a incrementarse con el paso del tiempo hasta alcanzar su máxima presencia al final del ciclo vegetativo (fase 3).

Si el empleo del N fuera como se indicó, inadecuado en cantidad y época, la planta de caña dispondrá entonces de más energía para promover y mantener el crecimiento en forma acelerada y sostenida, lo que resulta contraproducente para los intereses inmediatos del productor de concentrar más sacarosa, pues lo que en este caso obtendrá será más succulencia de la planta y posiblemente mayor tonelaje de caña (TM/ha). Hay que tener presente que si bien en la agroindustria azucarera este factor (tonelaje) es importante, el sistema de pago actual se fundamenta en la calidad de la materia prima representada por la acumulación de sacarosa en los tallos. Ocurre también que altas dosis de N inducen volcamiento y favorecen la presencia de plagas y enfermedades por esa mayor succulencia, lo que resulta negativo (DIECA, 1999).

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, mayor altura y peso por tallo), lo que permite determinar un mayor rendimiento en caña (EEAOC, 2004).

Según García (1996) citado por Morales (1999), la llave de la fertilidad de los suelos en los trópicos es el nitrógeno, por consiguiente, el objetivo de la mayoría de las instituciones de investigación debe ser obviar las deficiencias de fósforo y potasio y concentrarse en el primero.

La importancia de los fertilizantes nitrogenados en el incremento de los resultados de la cosecha y el gran número de factores que influyen en su efectividad son las causas principales de que el nitrógeno (N) sea el elemento más estudiado en los países cañeros (EEAOC, 2004).

## **2.8 DISPONIBILIDAD DE OTROS NUTRIENTES EN SUELOS MOLLISOLES**

CENGICAÑA (2009) en un estudio detallado de los suelos sobre su fertilidad, concluyó lo siguiente: El fósforo en la zona alta y media se encuentra en bajas concentraciones menores a 5 ppm, en más del 55 por ciento del área. Esto es debido a la predominancia de suelos Andisoles que fijan P en las arcillas alófanas. Sin embargo, en las zonas baja y litoral, donde predominan suelos Mollisoles, el P se encuentran en concentraciones altas a muy altas respectivamente. Longitudinalmente la distribución del fósforo parece no marcar una tendencia definida. En cuanto al potasio, el calcio y el magnesio, se define la misma tendencia en donde se observan bajos niveles en los suelos de la zona alta, debido entre otros factores al efecto de lixiviación ocasionado por altas precipitaciones en el área, caso contrario en las zonas de menor altitud, donde las lluvias son menores, específicamente en la zona litoral.

## **2.9 FUENTE DE N MÁS UTILIZADO EN LA INDUSTRIA CAÑERA**

La fuente de N más utilizada en la industria cañera es la urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) con una concentración de N del 46 por ciento, en forma de amida en su totalidad ( $\text{NH}_2$ ) (Pérez, 2012).

El nitrógeno de la urea, en condiciones hídricas adecuadas, estará disponible para las plantas a partir de los 5-7 días de la aplicación, alcanzando su máxima disponibilidad a partir de los 15 días (EEAOC, 2004).

### **2.9.1 Urea 46-0-0**

La urea es un fertilizante químico de origen sintético. Entre los fertilizantes sólidos, es la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%), siendo por ello de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de nitrógeno (N) (IQUISA, 2007).

#### **2.9.1.1 Características físicas y químicas de la urea**

- Nombre Químico: Carbamida
- Otros Nombres: Urea, Carbonildiamida, Ácido Carbomídico ó Amida Alifática
- Fórmula Química:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Peso Molecular (g/mol): 60.06
- Contenido de Nitrógeno Total (N): 46 % de nitrógeno ureico

- Presentación física: perlas o perdigones esféricos, color blanco.
- Tamaño de partícula: 0.85 a 3.35 mm
- Solubilidad en agua, a 20° C (100 g/100 ml): 100 g/100 ml. de agua
- pH en solución al 10%: 7.5-10.0 unidades
- Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>): 770 - 809 kg/m<sup>3</sup>
- Índice de salinidad: 75.4
- Humedad relativa crítica (a 30° C): 73%
- Acidez equivalente a carbonato de calcio: 84 partes de carbonato de calcio por 100 partes de urea.

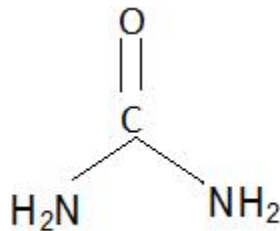


Figura 2. Fórmula estructural de la urea

### 2.9.1.2 Comportamiento en el suelo

La urea, en su forma original, no contiene Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), sin embargo, ésta se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima “ureasa” y por la temperatura del suelo. En suelos desnudos y con aplicaciones superficiales de urea, algún porcentaje de amoniaco (NH<sub>3</sub>) se pierde por volatilización. La urea, al hidrolizarse produce amonio y bicarbonato. Los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la zona próxima al sitio de reacción de este fertilizante (banda de aplicación). Una vez que la urea se ha convertido en amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), éste es absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y el amonio es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por las plantas (IQUISA, 2007).

### **2.9.1.3 Papel nutricional del nitrógeno**

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, es parte constitutiva de cada célula viva. En las plantas, el nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila, y como parte de la molécula de clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. El nitrógeno (N) también es un componente de las vitaminas y de los componentes energéticos de las plantas, igualmente es parte esencial de los aminoácidos y por tanto es determinante para el incremento en el contenido de proteínas en las plantas. Una planta deficiente de nitrógeno (N) no puede hacer un óptimo uso de la luz solar, por lo que se ve afectada la capacidad de fotosintetizar y en consecuencia su capacidad de aprovechamiento y absorción de nutrientes, limitando con esto el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas (IQUISA, 2007).

### **2.9.1.4 Usos y recomendaciones**

La urea es la fuente más económica de nitrógeno (N) de alta concentración. Es un fertilizante que tiene una gran variedad de usos y aplicaciones. Es un componente indispensable para producir fórmulas balanceadas de fertilización. Se puede aplicar al suelo directamente como mono producto, se puede incorporar a mezclas físicas balanceadas, y por su alta solubilidad en agua, puede funcionar como aporte de nitrógeno en fórmulas NPK's foliares, para uso en fertirriego, altamente solubles y en fertilizantes líquidos (IQUISA, 2007).

En el caso de aplicaciones foliares de urea, es muy importante utilizar urea libre de biuret, con un contenido no mayor al 0.25%. El biuret o carbamyl urea es un producto de condensación resultante de la descomposición por efecto térmico de la urea. El biuret es fitotóxico en aplicaciones al follaje únicamente (foliar), no así cuando se aplica al suelo (IQUISA, 2007).

### **2.9.1.5 Compatibilidad y estabilidad en almacenamiento**

La urea es compatible con la mayoría de los fertilizantes, sin embargo, existe una compatibilidad limitada con superfosfato triple (SPT) y superfosfato simple (SPS). En mezclas físicas que no se envíen a almacenamiento, porque son producidas para su aplicación inmediata, es posible mezclarlos, ya que al aplicarse rápidamente se evita la reacción de la urea y estos fosfatos poco compatibles. Es claramente incompatible con productos a base de nitrato de amonio, ya que la mezcla de ambos tiene una reacción inmediata aún en condiciones de bajos niveles de humedad relativa (IQUISA, 2007).

Es muy importante asegurar las mejores condiciones durante el almacenamiento, es decir, se debe contar con un lugar seco, fresco, ventilado y libre de cualquier agente contaminante, utilizando “tarimas” o “camas” para el estibado en el caso de productos envasados.

En general los fertilizantes bajo condiciones adecuadas de almacenamiento y una vez envasados, son productos que no se degradan y que conservan íntegras sus propiedades fisicoquímicas y la concentración de nutrientes sin mayores alteraciones. Lo que si ocurre en el almacenamiento prolongado es que por su alta capacidad higroscópica, los fertilizantes toman humedad del ambiente y se compactan o apelmazan, por efecto de la presión y el peso ejercido en las estibas de sacos (IQUISA, 2007).

## **2.10 IMPORTANCIA DE LA VARIEDAD DE CAÑA DE AZÚCAR CP73-1547**

La variedad CP73-1547 en la zafra 2011-12 con 8.3 por ciento equivalente a 19,000 hectáreas ocupa el tercer lugar en área sembrada, la cual ha mostrado pequeños incrementos en área en las últimas zafras. Esta variedad se ha mantenido como tercera opción en la agroindustria azucarera guatemalteca en áreas importantes durante las últimas 29 zafras. El área reducida de esta variedad, a través de las zafras, se debe principalmente a su alta incidencia de floración y corcho, por lo que su adaptabilidad es específica a los meses de noviembre y diciembre (inicio de zafra).

Su tallo generalmente supera a la dimensión de grueso (31 mm); por su longitud es caña alta, superando muy fácilmente los 2.5 metros en sus tallos molederos. Su crecimiento en zig-zag es pronunciado y bajo condiciones de suelos bien drenados, las raíces adventicias son pocas. No tiene rajadura de crecimiento. Su tenacidad es moderada aunque no es afectada negativamente en la mayoría de plantaciones por el efecto de vientos fuertes. Su crecimiento es erecto, alcanzando los 15 tallos molederos por metro lineal. Su vaina es de muy buen despaje pues desprende fácilmente. La longitud promedio de ésta es de 32 cm y su pilosidad es poca y suave (Melgar, 2012)

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La renovación de plantaciones de caña de azúcar mayores a cinco años se realiza con esquejes provenientes de semilleros comerciales. Esto se realiza con la finalidad de obtener nuevos cañaverales que garantizarán la producción del ingenio Madre Tierra.

Los semilleros comerciales que se utilizan en las renovaciones, llevan un manejo agronómico idéntico al de plantaciones comerciales. Sin embargo, se ha observado que la brotación de los esquejes no es homogénea, tardando de 25 a 30 días en uniformizarse. Por lo tanto, ocurre un lento crecimiento en los cañaverales de renovación (plantía), lo que dificulta el cierre de la plantación, con la consiguiente invasión de malezas. Todo esto se ve reflejado en las bajas producciones de cañaverales renovados (plantía), comparada con las siguientes socas del mismo cañaveral.

Según Buenaventura (1992), actualmente la actividad de siembra es poco eficiente, pues en la mayoría de los casos no existe homogeneidad en la brotación de los esquejes, debido a factores como la mala profundidad de siembra, baja calidad nutricional de la semilla, condiciones extremas de temperatura y humedad del suelo, entre otros. Lo anterior trae como consecuencia el problema de baja población de tallos en el campo y disminución en la producción en cañaverales plantía.

Debido a que actualmente la agroindustria azucarera de Guatemala, es el sector más importante para la generación de divisas para el país, necesita la utilización de técnicas definidas en busca de mejorar la eficiencia en la producción sin sacrificar la calidad del cultivo, lo cual se puede lograr a través del uso de alternativas que contribuyan al mejor desarrollo de la planta.

El ingenio Madre Tierra cuenta con 17,456.76 hectáreas cultivadas; actualmente de éstas se renuevan 3,486.75 hectáreas año con año. La finalidad de esta actividad es mejorar la

productividad del ingenio y contar con plantaciones no mayores a cinco años (Base de datos Ingenio Madre Tierra 2011).

En Guatemala anualmente se renuevan entre el 15 y 20% del área sembrada con caña de azúcar. Para realizar dicha renovación se utilizan semilleros comerciales, a los cuales se les ha dado un manejo idéntico al de cañaverales que van a cosecha. Dentro del manejo agronómico se incluye una aplicación de fertilizante nitrogenado a los 45 a 60 días de sembrados, siendo ésta la única aplicación de fertilizante que se realiza.

Por lo tanto, esta investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto de una segunda aplicación con N a los 6 meses de edad de la caña, en los semilleros comerciales. En otras palabras, se fertilizó el semillero dos meses antes de su corte, previo a la siembra.

Con esta práctica se pretendió mejorar la calidad de los esquejes de semilla, tanto en diámetro como en largo del entrenudo, así como obtener más paquetes por unidad de área, mejorar el peso de los paquetes. De obtener resultados positivos se contribuiría a generar una alternativa para mejorar la productividad de la agroindustria cañera de Guatemala.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

- Evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y características físicas de la semilla de caña de azúcar variedad CP73-1547.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada, aplicada seis meses después de la siembra, sobre el rendimiento de semilla de caña de azúcar (número de paquetes/ha)
- Determinar el efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada, aplicada a los seis meses después de la siembra, sobre el diámetro de tallo en caña de azúcar.
- Determinar el efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada, aplicada a los seis meses después de la siembra, sobre el largo de entrenudos en caña de azúcar.
- Determinar el efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada, aplicada a los seis meses después de la siembra, sobre el peso por paquetes de semilla de caña de azúcar.
- Comparar los costos de la aplicación de tres niveles de fertilización nitrogenada, en caña de azúcar.



## V. HIPÓTESIS

- Al menos uno de los tratamientos de fertilización nitrogenada, aplicada seis meses después de la siembra, mejorara el rendimiento de semilla de caña de azúcar (número de paquetes/ha).
- Al menos uno de los tratamientos de fertilización nitrogenada, aplicada seis meses después de la siembra, mejorara el diámetro del tallo.
- Al menos uno de los tratamientos de fertilización nitrogenada, aplicada seis meses después de la siembra, mejorara el largo de entrenudo.
- Al menos uno de los tratamientos de fertilización nitrogenada aplicada seis meses después de la siembra, mejorara el peso del paquete de semilla de caña de azúcar.
- Al menos uno de los tratamientos justificará económicamente su aplicación en caña de azúcar.

## VI. METODOLOGÍA

### 6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La investigación se realizó en la finca El Retiro, bajo administración del Ingenio Madre Tierra, la cual se encuentra ubicada a 146 km de la ciudad capital, jurisdicción de Nueva Concepción, Escuintla. Se ubica en las coordenadas 14° 11' 00" latitud norte y los 91° 18' 00" longitud oeste, a una altitud de 53 msnm. De acuerdo a la zonificación ecológica de Holdridge, el área está enmarcada dentro de la zona Bosque húmedo subtropical cálido (García, 2008).

El clima es cálido-húmedo con temperaturas promedio entre 30 °C a 34 °C. La precipitación pluvial media anual es de 1900 mm distribuidos en 130 días por año, principalmente entre los meses de mayo a octubre, siendo mayor la precipitación en agosto y octubre (García, 2008).

Existen dos accesos, el primero sobre la carretera que conduce del cruce de Cocales sobre el km 113 hacia el municipio de la Nueva Concepción, y la segunda sobre la carretera que conduce de Tiquisate hacia el municipio de la Nueva Concepción.

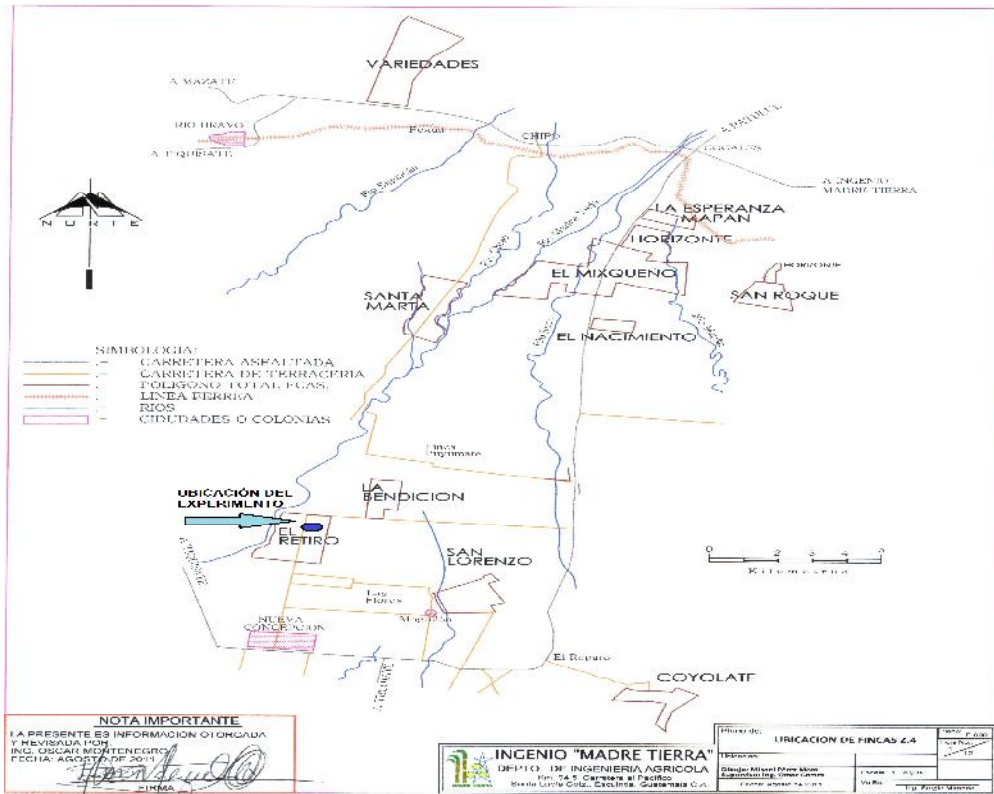


Figura 3. Localización del área experimental

## 6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó la variedad de caña de azúcar CP73-1547 y como fuente de nitrógeno se utilizó el fertilizante urea (46-0-0)

## 6.3 FACTOR A ESTUDIAR

Dosis de nitrógeno

## 6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización nitrogenada evaluados en caña de azúcar.

Tratamientos	Descripción	Dosis
T1	Aplicación de urea a los seis meses	66 kg de N/ha
T2	Aplicación de urea a los seis meses	132 kg de N/ha
T3	Aplicación de urea a los seis meses	198 kg de N/ha
T4	Testigo sin aplicación a los seis meses	-

Es importante mencionar que previamente los tratamientos fueron fertilizados a los 45 días después de sembrados con 198kg de N. Las dosis mencionadas en el cuadro 1, se establecieron utilizando como referencia la cantidad usada a nivel comercial en los semilleros por el Ingenio Madre Tierra, las cuales se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Fertilización utilizada por el Ingenio Madre Tierra para la caña de azúcar.

Descripción	Dosis (kg/ha)	Para siguientes fincas
Mayor a 143 TCH	329	Retiro, Coyolate, Bendición,
Entre 130 y 143 TCH	297	Parcelas, San Lorenzo,
Entre 115 y 129 TCH	264	Barranquilla
Entre 100 y 114 TCH	231	-
Menos a 100 TCH	198	
Caña plantía o semilleros	198	

### 6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

### 6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

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

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

$B_j$  = efecto del j-ésimo bloque

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

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

### 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental contó con un total de 8 surcos distanciados a 1.75 m y un total de 25 m de longitud, para un área total de 5,600 metros cuadrados. La unidad experimental contó un total de 8 surcos (parcela bruta), se cortaron los 4 surcos centrales (parcela neta).

### 6.8 CROQUIS DE CAMPO

La distribución de los tratamientos en el campo se muestra en la figura 4.

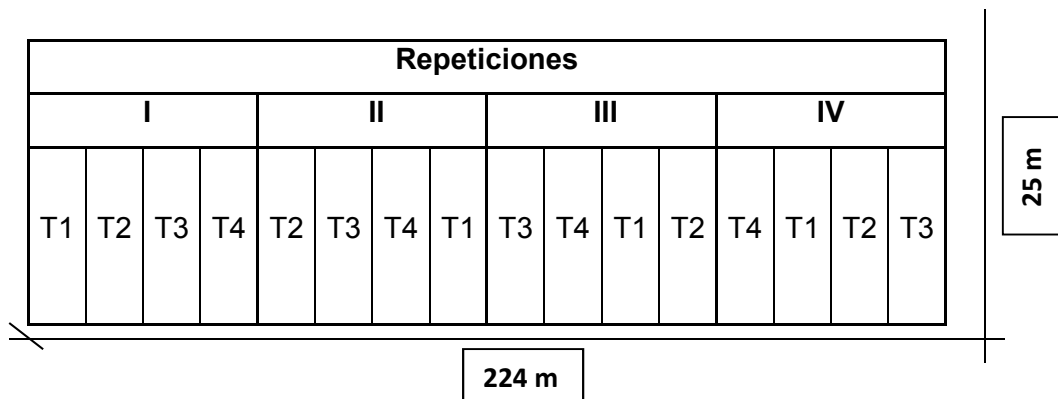


Figura 4. Distribución de los tratamientos en el campo

## **6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.9.1 Manejo del cultivo antes de la aplicación de los tratamientos**

- **Manejo y control de malezas**

El período crítico de interferencia de las malezas se da en los primeros 120 días después del corte o la siembra, por ello se aplicaron herbicidas pre-emergentes a los 15 días después de la siembra, a los 45 días se realizó una arranque de malezas, a los 90 días se realizó una segunda aplicación pos-emergente.

- **Nutrición y fertilización**

La primera aplicación de fertilizante se realizó de forma mecánica, por medio de una ferticultivadora, este implemento incorporó el fertilizante al costado del surco de caña; y se realizó esta actividad a los 60 días de edad del cultivo. La dosis de nitrógeno a aplicar fue de 198 kilogramos por hectárea, no se aplicaron otros nutrientes, debido a que se encuentran en niveles óptimos como se puede observar en el cuadro 2 del anexo.

- **Riego**

En la producción de caña de azúcar el riego juega un papel muy importante, desarrollándose durante el periodo seco, del 15 de noviembre al 15 de mayo. La labor del riego tiene como objetivos: asegurar la población inicial de la caña de azúcar e incrementar el peso de los tallos (Melgar, 2012). Se realizaron riegos poscorte o siembra, el primer riego se realizó a los 2 días después de la siembra y luego se mantuvo una frecuencia de riego cada 21 días, se utilizaron aspersores Nelson por un tiempo de dos horas, aplicando una lámina de 60 mm.

- **Manejo integrado de plagas**

Para el manejo integrado de las plagas se combinaron e integraron métodos químicos, culturales, físicos, etológicos, genéticos y biológicos, con el propósito de reducir los daños causado por las diferentes plagas, cada método se aplicó, según el índice de daño que reflejó los diferentes monitoreos o muestreos que se realizaron, los monitoreos se realizaron cada 21 días.

### **6.9.2 Aplicación de los tratamientos**

La aplicación de los tratamientos se realizó de forma manual, colocando el fertilizante a un costado del surco, esta aplicación se realizó a los seis meses después de la siembra.

### **6.9.3 Corte de la semilla**

El corte de la semilla se realizó a los ocho meses de edad, Cada unidad experimental contó con un total de 8 surcos (parcela bruta), para efecto de la investigación se cortaron los 4 surcos centrales (parcela neta), la forma como se cortó la semilla es la siguiente:

- Se cortaron manualmente los tallos, formando trozos o esquejes de 60 centímetros de largo.
- Se formaron paquetes con 30 esquejes, estos se amarraron con cogollos de la misma caña cortada.
- Luego se ordenaron en grupos de 5, esto facilitó el conteo de los mismos y el transporte al lugar de la siembra.
- Se identificaron con nylon de color los diferentes tratamientos, para poder contar la cantidad de paquetes obtenidos en cada uno.

### **6.10 VARIABLES RESPUESTAS**

- **Diámetro del entrenudo (cm):** Para cada tratamiento se tomaron cinco paquetes al azar de cada repetición y de cada paquete se tomó un esqueje al azar, en total se

obtuvieron cinco esquejes por tratamiento por repetición, a los cuales se les midió el diámetro con un vernier.

- **Largo del tallo (m):** Se tomaron cinco tallos al azar de cada repetición y a cada uno se le midió la longitud con una cinta métrica.
- **Peso del paquete (kg):** Para formar un paquete de semilla se necesitan treinta esquejes de caña y así es como se utiliza para su distribución en campo. Ya formados los paquetes de semilla, se tomaron cinco paquetes por tratamiento por repetición y se obtuvo el peso respectivo.
- **Número de paquetes (paquetes/ha):** Se contaron todos los paquetes obtenidos en cada tratamiento y la información se extrapola a paquetes/ha.

## 6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

- **Análisis Estadístico**

Para el análisis de cada una de las diferentes variables medidas se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), por no encontrarse diferencia estadística significativa no se realizaron pruebas de medias, DMS (Diferencias mínimas significativas) (0.05 y 0.1).

- Posteriormente cada variable de respuesta se procedió a discutirla de acuerdo a los resultados obtenidos y los criterios agronómicos del investigador.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de semilla de caña de los 4 tratamientos y sus cuatro repeticiones expresados en números de paquetes por hectárea se presenta en el anexo 3. El grosor del tallo de la planta expresado en centímetros se presenta en el anexo 4. El largo del tallo de la planta medido desde el suelo hasta el punto de quiebre natural medido en metros se presentan en el anexo 5. El peso de los paquetes de semilla de caña expresado en kg de la variedad evaluada se presenta en el anexo 6.

### 7.1 VARIABLE DE CADA TRATAMIENTO

Cuadro 3. Resultados promedio de las variables evaluadas, en cada tratamiento

Tratamiento	Dosis N	Diámetro Entrenudo(cm)	Largo de Tallo en (m)	Peso del paquete en (kg)	Número Paquetes (Paquetes/ha)
1	66	2.02	2.07	9.38	8095.71
2	132	2.12	2.12	9.7	8032.86
3	198	2.14	2.27	9.38	8471.43
4	--	2,04	2.17	9.7	7886.14

Todas las variables de respuesta presentaron una distribución aproximadamente normal, cumpliendo con el supuesto de normalidad.

### 7.2 EFECTOS GENERALES PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTAS

El Cuadro 4 es un resumen de los Análisis de varianza para cada variable de respuesta (grosor del tallo en centímetros, largo del tallo medido en metros, el peso en kilogramos de los paquetes y el número de paquetes por hectárea). Ninguna de las variables respuestas presento diferencia estadística significativa. En el cuadro 4 se muestran los análisis de varianza efectuados para cada variable.



Cuadro 4. Resumen integrado de los análisis de varianza para cada variable de respuesta.

FUENTE DE VARIACIÓN	Diámetro tallo (cm)	Altura tallo (m)	Peso Paquetes (kg)	No. Paquetes/ha
Tratamientos	Ns	Ns	Ns	Ns
Coeficiente de Variación %	7.8	9.79	5.96	7.69

**REFERENCIAS:**

\* = Diferencia significativa al 5 y 10 % de significancia

Ns = Diferencia no significativa al 5 y al 10 % de significancia

### 7.2.1 Diámetro del entrenudo en centímetros

El grosor o diámetro del entrenudo del tallo de la planta entre los diferentes tratamientos no existió diferencia significativa al 5 y 10%, para lo cual se puede mencionar que al realizar una segunda aplicación de fertilizante dos meses antes del corte de la semilla no muestra ningún incremento en el diámetro del tallo.

Es importante mencionar que la aplicación de fertilizante dos meses antes de la siembra en la variedad CP73-1547, no produjo ningún efecto entre los tratamientos evaluados para la variable de respuesta diámetro del entrenudo en cm (Ver análisis de varianza en el anexo 9). Lo anterior no siguió la tendencia de que la aplicación de fertilizante dos meses antes de la siembra mejorar la característica física diámetro de la semilla de caña.

### 7.2.2 Largo del tallo en metros

Al momento del corte de la semilla se realizó una medición en metros del largo del tallo de la caña, se tomó la base del tallo hasta el punto de quiebre natural. Al evaluar el largo de los tallos, se encontró que no hubo diferencia estadística significativa en ninguno de los tratamientos sometidos a prueba (Ver análisis de varianza en anexo 11).

Es importante mencionar que aplicar las diferentes dosis de fertilizante aplicado dos meses antes del corte no produjo ningún efecto entre los tratamientos evaluados para la variable de respuesta largo de tallo (ver análisis de varianza en el anexo 11).

### 7.2.3 Peso del paquete en kilogramos

Al momento del corte de la planta de caña se formaron paquetes de semilla los cuales contaban con treinta esquejes de caña debido a que así es como se utiliza para su distribución en campo, cuando estaban formados los paquetes de semilla se procedió a pesar cinco paquetes de cada tratamiento por cada repetición y se obtuvo el peso en promedio en kg de los paquetes de semilla. Al evaluar el peso de los paquetes se encontró que no hubo diferencia estadística significativa en ninguno de los tratamientos sometidos a prueba (Ver análisis de varianza en anexo 10).

Es importante mencionar que aplicar las diferentes dosis de fertilizante aplicado dos meses antes del corte no produjo ningún efecto entre los tratamientos evaluados para la variable de respuesta peso del paquete en (kg) (ver análisis de varianza en el anexo 10).

### 7.2.4 Número de paquetes (paquetes/ha)

El número de paquetes de semilla al momento del corte no fue estadísticamente diferente entre los tratamientos evaluados. La interacción de mayor número de paquetes/ha y una segunda aplicación de fertilizante dos meses antes del corte no presentó diferencias significativas en el número de paquetes por hectárea (ver análisis de varianza en el anexo 8).

Como se mencionó anteriormente la interacción mayor número de paquetes por hectárea y una segunda aplicación de fertilizante no presento diferencia significativa en el análisis de varianza, si cabe resaltar como se muestra en el cuadro 5 el rendimiento de paquetes por hectárea y las hectáreas posteriores a sembrar

Cuadro 5. Rendimiento de paquetes por hectárea y su respectiva área a sembrar.

Tratamiento	Dosis N	Número Paquetes (Paquetes/ha)	Área a sembrar (ha)
1	66	8095.71	10.43
2	132	8032.86	10.35
3	198	8471.43	10.92
4	--	7886.14	10.16

En el cuadro 5 se observa que el tratamiento 4 nos da un rendimiento de siembra de 10,92 ha y el testigo un rendimiento de 10,16 ha, con el tratamiento 4 podemos sembrar 0.75 ha más.

### 7.2.5 Análisis económico

En el cuadro 6 se presentan los costos de los diferentes procesos y costos totales de cada uno de los 4 tratamientos.

Cuadro 6. Costos de Producción.

ACTIVIDAD	TRATAMIENTOS			
	T4 (Sin Aplicación)	T1 (66kg de N/ha)	T2 (132 kg de N/ha)	T3 (198 kg de N/ha)
Preparación de Tierras	940.08	940.08	940.08	940.08
Siembra o Renovación	1,808.89	1,808.89	1,808.89	1,808.89
Fertilización	800.11	1,380.11	1,600.11	1,933.11
Riego Presurizado	1,481.62	1,481.62	1,481.62	1,481.62
Riego Gravedad	371.67	371.67	371.67	371.67
Control de Malezas Manual	434.95	434.95	434.95	434.95
Control de Malezas Químico	685.40	685.40	685.40	685.40
Control de Malezas Mecánico	82.13	82.13	82.13	82.13
Control de Plagas	88.25	88.25	88.25	88.25
Labores Varias	447.55	447.55	447.55	447.55
Guardianes	197.45	197.45	197.45	197.45
Costo Total	7,338.10	7,818.10	8,038.10	8,371.10

En el Cuadro 6 de costos de producción, se puede observar que la diferencia de costo es notable en la actividad de fertilización, todas las demás actividades el costo es similar debido a que todos los tratamientos se les realizó el mismo manejo agronómico.

Cuadro 7. Ingreso Bruto, Ingreso Neto, Rentabilidad, y Relación Beneficio/Costo

	TRATAMIENTOS			
	T1 (66 kg de N/ha)	T2 (132 kg de N/ha)	T3 (198 kg de N/ha)	T4 (Sin Aplicación)
INGRESO BRUTO	18,994.40	19,470.92	19,856.72	19,110.82
COSTO TOTAL	7,818.10	8,038.10	8,371.10	7,338.10
INGRESO NETO	11,176.30	11,432.82	11,485.62	11,772.72
RENTABILIDAD	143%	142%	137%	160%
RELACION B/C	2.43	2.42	2.37	2.60

En el cuadro 7, se muestran los resultados del ingreso bruto de venta, el costo total, ingreso neto, rentabilidad y la relación beneficio/costo, por cada tratamiento. En este mismo cuadro se observa que de los 4 tratamientos evaluados el que ofrece el mayor beneficio económico es el tratamiento 4, en este caso el testigo, el cual tiene una rentabilidad del 160% mientras que los demás mantienen una tendencia con relación a la cantidad de N aplicado y su rentabilidad entre 137% y 143%.

## VIII. CONCLUSIONES

Durante el experimento que se llevó a cabo en finca El Retiro, donde se evaluaron diferentes niveles de nitrógeno, buscando mejorar la calidad de la semilla y el rendimiento de la misma se pudo determinar que ninguna de las variables evaluadas (largo tallo, peso del paquete, diámetro del entrenudo y número de paquetes por hectárea) presento diferencia significativa, esto nos indica que no es conveniente fertilizar a los seis meses después de la siembra.

La caña de azúcar cuenta con 4 etapas de crecimiento iniciación que va desde los 0 días hasta los 45 días, luego sigue macollamiento que va de los 46 a los 135 días, sigue elongación de los 136 a los 315 días y por ultimo maduración 316 días hasta 360 días, la fertilización nitrogenada se realizó a los 180 días (6 meses), se cortó la semilla a los 240 días (8 meses), por lo tanto la respuesta a la fertilización no fue evidente debido a que se realizó 44 días después de iniciada la fase de elongación y el tiempo de corte después de la fertilización solo fue de 60 días, tiempo en el cual no se manifestó la respuesta a la fertilización.

Según el análisis de suelo realizado en el área del experimento se determinó que los niveles de los elementos se encuentran en estado óptimo a excepción de la materia orgánica que se encuentra deficiente.

Dentro de las variables evaluadas, la de mayor importancia es el rendimiento de paquetes por hectárea. Sin embargo, en el número de paquetes por hectárea, no se encontró diferencia significativa en ninguno de los tratamientos evaluados, pero si es importante mencionar que los tratamientos evaluados. Aun así es importante mencionar que los tratamientos evaluados siguieron una tendencia ascendente en cuanto a la dosis de fertilizante aplicada, el tratamiento número 3 (198kg/N/ha) obtuvo el mejor rendimiento con 8,471.43 paquetes por hectárea y el de menor rendimiento fue el testigo (sin aplicación) en este caso el tratamiento 4 con 7,886.14 paquetes por hectárea, cabe resaltar que el rendimiento de paquetes por hectárea que obtuvo el tratamiento 3, nos proporciona semilla para poder sembrar 0.75 hectáreas más con relación al testigo.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Bajo las condiciones en que fue realizada la presente investigación se recomienda darle seguimiento a esta investigación, para evaluar el comportamiento de la semilla fertilizada sembrada en campo definitivo, posiblemente la semilla obtenida sea de mejor calidad por lo tanto la brotación sea más uniforme con relación a la semilla que no se fertilizó, así como el crecimiento de la planta sea mayor por consecuente los días del cierre de la plantación sean menos.

Se recomienda seguir con la evaluación y sembrar la semilla de los diferentes tratamientos obtenidos en bloques para realizar una segunda evaluación y poder medir los días de brotación de la semilla, así como la uniformidad en la brotación, el crecimiento de la planta y si fuera posible evaluar el rendimiento en la cosecha.

Se recomienda seguir evaluando una segunda fertilización nitrogenada aplicada a los 135 días (4.5 meses) después de la siembra, tomando en cuenta que en esos días inicia la etapa de elongación o mayor crecimiento y donde la planta necesita alta intensidad de luz, agua y nutrientes, se considera que la planta aprovecharía de mejor manera el fertilizante y por lo tanto se manifieste la respuesta a la misma.

Evaluar el peso específico de la planta así como la turgencia en próximas investigaciones.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Buenaventura, C. (1992). *Estudio de la conformación del Centro de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar de Guatemala*. CENGICAÑA. Guatemala 52 p.
- Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA). (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala 281 p.
- CENGICAÑA. (2009). *Memoria presentación de resultados de investigación zafra 2009-2010*. Guatemala, pp 240-248.
- CENGICAÑA. (2004). *Memoria presentación de resultados de investigación zafra 2004-2005*. Guatemala, pp 44-48.
- Chávez, M. (1999). *Nutrición y Fertilización de la caña de azúcar*. Recuperado el 14 de agosto de 2012, de [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)
- Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). (2010). *Boletín Informativo Producción de Semilla*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2012 de <http://www.laica.co.cr/biblioteca/verSubcategoria.do?p=1&c=443&s=1762>
- DIECA. (1999). *El Nitrógeno, fósforo y potasio en la caña de azúcar*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2012 de <http://www.laica.co.cr/biblioteca/verSubcategoria.do?p=1&c=443&s=1762>
- Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC). (2004). *Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar*. Recuperado el 14 de agosto de 2012, de <http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/?id=488>
- García, E. (2008). *Bosque húmedo subtropical cálido en Guatemala*. ICIAAD. Guatemala. 1-13 p.

- IQUISA. (2007). *Boletín Informativo*. Recuperado el 14 de septiembre de 2012 de <http://www.isquisa.com/site/files/productos/Urea.pdf>
- Larrahondo, J.E & Villegas, F. (1995). *Control y características de maduración*. Cenicafé. Cali, Colombia. 297-313 p.
- López, M. (1999). *Evaluación de dos densidades de siembra y cuatro concentraciones de ethephon sobre la brotación, población y producción de cinco variedades de caña de azúcar en Guatemala*. Tesis Ing. Agr. USAC. Guatemala. 54 p.
- Melgar, M. (2012). *Desarrollo Tecnológico de la Agroindustria Azucarera y Perspectivas*. En: *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Melgar M., Meneses A., Orozco H., Pérez O. & Espinosa R. (eds.). Editorial Artemis Edinter. Guatemala. 512 p.
- Morales, E. (1999). *Evaluación del efecto de cachaza, nitrógeno y fósforo en caña de azúcar, el conjunto de suelos tonquín, finca Pantaleón, Siquinalá, Escuintla*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC. 1-49 p.
- Pérez, O. (2015). Fertilización nitrogenada en caña de azúcar (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar.
- Pérez, O. (2012). *Nutrición y Fertilización*. En: *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O. & Espinosa, R. (eds.). Editorial Artemis Edinter. Guatemala. 512 p.
- Sáenz, J. (2004). *Experiencias en la optimización de la maduración inducida en el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC. pp 1-79.



## XI. ANEXOS

### ANEXO 1. Glosario

**Azúcares reductores:** fructosa y glucosa presentes en el jugo de la caña.

**Paquetes de semilla:** un paquete de semilla está formado por 30 esquejes de caña.

**Sacarosa:** es un disacárido que por hidrólisis produce glucosa y fructosa.

**Ester:** un éster es un compuesto orgánico derivado de ácidos orgánicos o inorgánicos oxigenados, en los cuales uno o más protones son sustituidos por grupos orgánicos alquilo.

**ANEXO 2. Resultados del análisis físico y químico del suelo del área experimental.  
Ingenio Madre Tierra**

Finca	Lote	# Lote	Estrato	Ingenio	No. Lab	CE		pH	%	Ca	Mg	K	Na	CICe
						mmho/cm	M.O.							
El Retiro	El Retiro	0130402	0-20	Madre Tierra	S-493-03-10	0.06	1:2.5	6.61	2.12	11.67	5.55	0.69	0.28	18.19

P	Cu	Zn	Fe	Mn	%	%	%	TEXTURA	15 ATM.	1/3 ATM.	D.AP.
15.36	0.40	3.05	11.65	23.40	10.95	33.94	55.11	Franco Arenoso	13.78	25.63	1.06
									%H	%H	g/cc

**ANEXO 3. Rendimiento de las diferentes variables evaluadas de los tratamientos en las diferentes repeticiones.**

Tratamiento	Bloque	Resultados			
		Paquetes/ha	Altura/tallo/m	Diámetro/tallo/cm	Peso/paquetes/kg
T1 (66 kg/ha)	1	6440.00	1.88	2.10	8.52
T2 (132 kg/ha)	1	7428.57	2.06	2.02	9.46
T3 (198 kg/ha)	1	8228.57	2.20	2.08	9.62
T4 (Sin Aplicación)	1	7714.29	2.35	1.96	9.60
T1 (66 kg/ha)	2	9293.33	2.12	1.72	8.88
T2 (132 kg/ha)	2	9485.71	1.86	2.18	8.94
T3 (198 kg/ha)	2	8857.14	2.28	2.28	9.53
T4 (Sin Aplicación)	2	8000.00	2.17	1.84	9.38
T1 (66 kg/ha)	3	7927.62	2.34	2.12	10.79
T2 (132 kg/ha)	3	7217.14	2.28	2.14	10.06
T3 (198 kg/ha)	3	8571.43	2.55	1.94	9.06
T4 (Sin Aplicación)	3	7716.00	1.94	2.20	10.09
T1 (66 kg/ha)	4	8721.90	1.95	2.16	9.35
T2 (132 kg/ha)	4	8000.00	2.29	2.12	10.31
T3 (198 kg/ha)	4	8228.57	2.04	2.26	9.29
T4 (Sin Aplicación)	4	8114.29	2.22	2.16	9.71

**ANEXO 7. Resumen del análisis de varianza (número de paquetes por hectárea)**

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L	S.C	C.M	F	Ft 5% y 10%
Repetición	3	4,630,628.03	1543542.678	3.96	3.86 - 2,81
Tratamientos	3	745,461.78	248487.259	0.64	3.86 - 2,81
Error	9	3,508,078.93	389786.548		
Total	15	8,884,168.74			

**ANEXO 8. Resumen del análisis de varianza (Diámetro del entrenudo en cm)**

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>Ft 5% y 10%</b>
Repetición	3	0.07	0.022	0.84	3.86 - 2,81
Tratamientos	3	0.04	0.013	0.48	3.86 - 2,81
Error	9	0.24	0.026		
Total	15	0.34			

**ANEXO 9. Resumen del análisis de varianza (Peso del paquete en kg)**

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>Ft 5% y 10%</b>
Repetición	3	1.63	0.542	1.67	3.86 - 2,81
Tratamientos	3	0.38	0.126	0.39	3.86 - 2,81
Error	9	2.93	0.325		
Total	15	4.93			

**ANEXO 10. Resumen del análisis de varianza (Altura de la planta en m)**

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>Ft 5% y 10%</b>
Repetición	3	0.08	0.026	0.59	3.86 - 2,81
Tratamientos	3	0.08	0.028	0.63	3.86 - 2,81
Error	9	0.40	0.045		
Total	15	0.57			