

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
CARRERA INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



**TRABAJO DE GRADUACIÓN:**

**EVALUACION DE SEIS DENSIDADES DE SIEMBRA CON TOLETES EN CAÑA DE AZUCAR *Saccharum officinarum*, EN FINCA LAS VARITAS, SAN BERNARDINO, SUCHITEPEQUEZ.**

**JOSÉ ANGEL YOTZ CHICÁ**

**CARNÉ: 201240528**

**MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ. OCTUBRE 2018.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
CARRERA INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO AGRÍCOLA  
DEL INGENIO PALO GORDO, EN FINCA LAS VARITAS**

**PRESENTADO A LA HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA**

**POR  
JOSÉ ANGEL YOTZ CHICÁ  
CARNÉ: 201240528**

[j-angelyotz@hotmail.com](mailto:j-angelyotz@hotmail.com)

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO  
EN EL GRADO DE LICENCIADO**

**ING. AGR. VÍCTOR HUGO ORDOÑEZ C.  
ASESOR**

**MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ. OCTUBRE 2018.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

**AUTORIDADES**

Ing. Murphy Paiz Recinos	Rector
Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo	Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE  
SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano	Director
----------------------------------	----------

**REPRESENTANTES DE PROFESORES**

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario
MSc. Mirna Nineth Hernández Palma	Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Ángel Estuardo López Mejía	Vocal
---------------------------------	-------

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

Licda. Elisa Raquel Martínez González	Vocal
Br. Irrael Estuardo Arriaza Jerez	Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Académico

MSc. Alvaro Estuardo Gutierrez Gamboa  
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edin Aníbal Ortíz Lara  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Mauricio Cajas Loarca  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón  
Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos  
Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Rodrigo Almengor Posadas  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales  
Abogado y Notario

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área

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

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez  
Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lic. Henrich Herman León  
Coordinador Carrera Periodista Profesional y  
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación



Mazatenango, 17 de Octubre de 2018.

Honorable Consejo Directivo  
Centro universitario de sueroccidente  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Su despacho

Respetables Miembros del Consejo Directivo:

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: **“EVALUACION DE SEIS DENSIDADES DE SIEMBRA CON TOLETES EN CAÑA DE AZUCAR *Saccharum officinarum*, EN FINCA LAS VARITAS, SAN BERNARDINO, SUCHITEPEQUEZ”**. Trabajo de graduación presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas. **SOLICITO:** la autorización del acto de Graduación.

Sin otro en particular me despido de ustedes, atentamente.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "José Angel Yotz Chicá", with a large flourish above it.

T. P. A. José Angel Yotz Chicá  
Carné 201240528

## **ACTO QUE DEDICO**

- A DIOS:** Por siempre bendecirme, por darme sabiduría y guiarme siempre en cada paso que he dado.
- A MIS PADRES:** Pedro Yotz Avalos y Adela Chicá Rodríguez, Por el apoyo incondicional que me han brindado, por guiarme y por sus sabios consejos, por el esfuerzo y sacrificio que me han brindado para que yo alcanzara mis metas y lograr mi sueño. Gracias Dios los bendiga.
- A MIS HERMANOS:** Pedro Armando Yotz Chicá, Mirna Elizabeth Yotz Chicá y Josué Yotz Chicá, por el apoyo incondicional que me brindan y por estar conmigo en buenas y malas. Gracias.
- A MIS TÍOS:** Con cariño, gracias por su apoyo y sabios consejos
- A MIS AMIGOS:** Por su amistad y perseverancia.
- A LA CARRERA:** Por haberme brindado las herramientas necesarias para poder desempeñarme como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor, **ING. AGR. VÍCTOR HUGO ORDOÑEZ C.** Por su valiosa asesoría, revisión y corrección para concluir el presente trabajo de graduación.

Al **Ingenio Palo Gordo**, por facilitarme la realización del Ejercicio Profesional Supervisado y apoyarme en el desarrollo del mismo.

**AL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:** Por ser una entidad educativa que me brindó una formación de alto nivel tanto profesional como social.

**A LOS DOCENTES DE LA CARRERA AGRONOMÍA TROPICAL:** Por compartir sus valiosos conocimientos en el trayecto de mi carrera y formarme como un profesional.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG.
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	2
1. Marco conceptual .....	2
1.1. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar.....	2
1.2. Producción de semilla (toletes) de caña de azúcar de alta calidad.....	2
1.3. Semillas o toletes de caña de azúcar.....	3
1.4. Tratamiento hidrotérmico de toletes (semilla en esquejes) .....	3
1.5. Definición de densidad de siembra en caña de azúcar .....	4
1.6. Antecedentes sobre evaluaciones de densidades de caña de azúcar .....	5
1.7. Tipos de siembra de caña de azúcar (esquejes, yemas, toletes).....	6
1.8. Uso de toletes en la siembra de semilleros de caña azúcar en Guatemala. ...	9
1.9. Etapas fisiológicas del cultivo de caña de azúcar .....	10
1.10. Crecimiento y producción de caña utilizando toletes. ....	13
2. Marco Referencial.....	15
2.1. Localización del área experimental .....	15
2.2. Temperatura.....	16
2.3. Precipitación pluvial .....	17
2.4. Zonas de vida.....	17
2.5. Vías de acceso.....	17
2.6. Características generales de los suelos.....	17
2.7. Variedad CG 98 78 .....	18
2.8. Tratamiento químico .....	18
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	21
1. Objetivo general.....	21
2. Objetivos específicos.....	21

<b>IV. HIPOTESIS</b> .....	<b>22</b>
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
1. Materiales .....	23
2. Métodos.....	23
2.1. Localización.....	23
2.2. Material experimental .....	23
2.3. Análisis estadístico .....	24
2.3.1. Diseño experimental .....	24
2.3.2. Unidad experimental .....	24
2.3.3. Croquis de campo del experimento .....	25
2.3.4. Tratamientos .....	25
2.3.5. Modelo estadístico .....	26
2.4. Variable respuesta:.....	27
2.4.1. Rendimiento de caña (tm/ha).....	27
2.4.2. Numero de yemas germinadas /metro lineal .....	27
2.4.3. Población de tallos.....	28
2.4.4. Diámetro de tallo (cms.).....	28
2.4.5. Altura de tallos (m).....	29
2.5. Análisis de la información:.....	29
2.6. Análisis económico.....	29
2.7. Manejo del experimento .....	30
2.7.1. Preparación del suelo .....	30
2.7.2. Subsulado de suelo .....	30
2.7.3. Volteo (rastros arado) .....	30
2.7.4. Pulido (rastra pulidora).....	30
2.7.5. Surcado .....	30
2.7.6. Estaquillado .....	30
2.7.7. Corte de la semilla .....	31
2.7.8. Tratamiento hidrotérmico de toletes.....	32
2.7.9. Siembra.....	33
2.8. Manejo agronómico del ensayo.....	34
2.8.1. Control de malezas .....	34

2.8.2.	Fertilización.....	35
2.8.3.	Plagas.....	35
2.8.4.	Riego .....	36
2.8.5.	Descripción del proceso en cosecha .....	36
2.8.6.	Corte manual .....	36
2.8.7.	Alza y transporte .....	37
<b>VI.</b>	<b>PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
1.	Variable rendimiento tm/ha de caña. ....	38
2.	Variable % de germinación .....	39
3.	Variable número de tallos por metro lineal. ....	41
4.	Variables diámetro y altura de tallo.....	43
5.	Análisis económico .....	45
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>IX.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>50</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PÁG.
1	Clasificación taxonómica de la caña de azúcar.....	2
2	Densidades de siembra por hectárea.....	24
3	Descripción de los tratamientos.....	26
4	Herbicidas de aplicación pre-emergente en caña de azúcar.....	34
5	Herbicidas de aplicación de cierre.....	35
6	Análisis de varianza para la variable tm/ha.....	39
7	Porcentaje de germinación de tallos primarios a los 30 DDS.....	40
8	Análisis de varianza porcentaje de germinación a los 30 DDS.....	40
9	Análisis de varianza variable No. de tallos por metro lineal.....	42
10	Prueba de Tukey de población de tallos por metro lineal.....	43
11	Análisis de varianza variable altura de tallo.....	43
12	Análisis de varianza variable diámetro de tallo.....	44
13	Costos de producción de una hectárea de caña de azúcar.....	45
14	Cantidad (toneladas/ha) y costos de semilla.....	46
15	Relación de beneficio - costo de los tratamientos.....	46
16	Rentabilidad de los tratamientos de densidades de siembra.....	47
17	Datos % de germinación a 30 DDS utilizados en gráficas y ANDEVA....	54
18	Datos población de tallos a 210 DDS utilizados en gráficas y ANDEVA..	54
19	Datos de altura de tallos en metros a 210 DDS utilizados en ANDEVA.....	54
20	Datos de diámetro de tallos en cm a 210 DDS utilizados en ANDEVA.	55
21	Datos de campo de rendimiento de caña de azúcar en tm/ha utilizados en gráficas y ANDEVA.....	55
22	Datos de fábrica de rendimiento de azúcar en tm/ha utilizados en gráficas y ANDEVA.....	55
23	Producción de caña de azúcar por tratamiento en tm/ha.....	56
24	Egresos, ingresos y beneficios netos del cultivo de caña por tratamiento.....	56
25	Datos de producción de caña tm/ha obtenidas en bascula del Ingenio.	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁG.</b>
1	Tolete semilla de calidad.....	2
2	Fases fenológicas del cultivo de caña de azúcar.....	10
3	Ubicación geográfica de finca Las Varitas.....	15
4	Mapa de finca Las Varitas.....	16
5	Croquis del experimento.....	25
6	Conteo de población de tallos/ m lineal.....	28
7	Medición de diámetro de tallos.....	28
8	Medición de altura de tallos.....	29
9	Corte de semilla, esquejes de 60 centímetros.....	31
10	Corte de semillas toletes de dos yemas.....	32
11	Planta de tratamiento hidrotermico para la semilla (toletes).....	33
12	Siembra de toletes.....	33
13	Media de los tratamientos en toneladas métricas/ hectárea.....	38
14	Germinación de tallos primarios por metro lineal.....	40
15	Población de tallos por metro lineal a diferentes edades.....	41
16	Preparación de surcos.....	58
17	Medición para el trazo y estaquillado.....	58
18	Corte de semilla (toletes) en el semillero comercial.....	58
19	Cosecha del ensayo de campo de caña de azúcar en finca Las Varitas.....	59
20	Chorras continuas de caña de azúcar del ensayo de campo.....	59
21	Alce y transporte de caña de azúcar cosechada de la investigación.	60

## SUMMARY

The present evaluation on planting densities in sugarcane *Saccharum officinarum* was carried out in Las Varitas farm of the Palo Gordo mill in the municipality of San Bernardino, Suchitepéquez; the general objective was to determine the effect of six densities of sowing with sticks on the quality and yield in metric tons per hectare of sugarcane and as a secondary objective to determine the best cost benefit ratio among the treatments.

The sticks used were cuttings of cane stalks with two hydro thermally treated buds. The experimental design used was complete block randomly, with 4 repetitions, the treatments consisting of six different densities of seeding with sticks (6, 8, 10, 12, 14 buds per linear meter), with one control (14 buds / linear m). ). The experimental unit was constituted of 806.4 m<sup>2</sup> (6 furrows distanced to 1.40 m between them by 96 meters long), making a total of 24 experimental units. The total area of the experiment was 19,353.6 m<sup>2</sup> equivalent to 1.94 ha.

For the evaluated variables that were determined was; seed quality (% germination, stem diameter, stem height, number of primary sprouting / linear m), there is no significant difference at 5% between all treatments. For the cane yield variable (tm / ha) it was established that there is no significant difference at 5% between the treatments. In the economic study the density of sowing with sticks of 8 buds per linear meter (treatment 2) was the one that presented the best benefit - cost ratio 1.32, and a yield of 92.56 metric tons of sugarcane per hectare. This same density surpassed the commercial control, reducing 4.4 metric tons of seed during sowing per hectare in relation to the control that uses 8.9 tons of seed; this treatment offers a difference in the net income of Q 792,98 / ha, which is the most economical for its incorporation and the one with the best economic benefit. The density of sowing with sticks of 8 buds per linear meter (treatment 2) had a production cost of Q 15,515.46, an income of Q 20,406.00 and presented a profitability of 32%, this being the most profitable.

## RESUMEN

La presente evaluación sobre densidades de siembra en caña de azúcar *Saccharum officinarum* se llevó a cabo en finca Las Varitas del ingenio Palo Gordo en el municipio de San Bernardino, Suchitepéquez; el objetivo general fue determinar el efecto de seis densidades de siembra con toletes sobre la calidad y el rendimiento en toneladas métricas por hectárea de caña de azúcar y como objetivo secundario determinar la mejor relación beneficio costo entre los tratamientos.

Los toletes utilizados fueron esquejes de tallos de caña con dos yemas tratados hidrotérmicamente. El diseño experimental utilizado fue bloque completos al azar, con 4 repeticiones, consistiendo los tratamientos en seis diferentes densidades de siembra con toletes (6, 8, 10, 12, 14 yemas por metro lineal), con un testigo (14 yemas/ m lineal). La unidad experimental estuvo constituida de 806.4 m<sup>2</sup> (6 surcos distanciados a 1.40 m entre ellos por 96 metros de largo), haciendo un total de 24 unidades experimentales. El área total del experimento fue de 19,353.6 m<sup>2</sup> equivalente a 1.94 ha.

Para las variables evaluadas que se determinaron fue; la calidad de la semilla (% de germinación, diámetro del tallo, altura del tallo, número de rebrotes primarios/m lineal), no existió diferencia significativa al 5% entre todos los tratamientos. Para la variable rendimiento de caña (tm/ha) se estableció que no existe diferencia significativa al 5% entre los tratamientos. En el estudio económico la densidad de siembra con toletes de 8 yemas por metro lineal (tratamiento 2) fue el que presentó la mejor relación beneficio - costo 1.32, y un rendimiento de 92.56 toneladas métricas de caña de azúcar por hectárea. Esta misma densidad superó al testigo comercial logrando reducir 4.4 toneladas métricas de semilla durante la siembra por hectárea en relación al testigo que utiliza 8.9 toneladas de semilla; este tratamiento ofrece una diferencia en el ingreso neto de Q 792.98/ha, siendo este el más económico para su incorporación y el de mejor beneficio económico. La densidad de siembra con toletes de 8 yemas por metro lineal (tratamiento 2) tuvo un costo producción de Q 15,515.46, un ingreso de Q 20,406.00 y presentó una rentabilidad 32 %, siendo este el más rentable.

## I. INTRODUCCIÓN

La densidad de siembra de caña de azúcar en semilleros básicos, semi comerciales y comerciales se ha convertido en un tema de interés en la agroindustria, ya que las posibles reducciones o aumento en la cantidad de semilla a utilizar pueden repercutir significativamente en los costos de producción. El área de renovación anual de la mayoría de ingenios es alrededor del 20% del área de cultivo (Orozco, H. 1995).

Con base a lo anterior se planteó la ejecución del presente trabajo de investigación para evaluar seis densidades de siembra con toletes (6, 8, 10, 12, 14 yemas por metro lineal) con un testigo (14 yemas/ m lineal, se utilizó esquejes de 60 centímetros de largo), para conocer el efecto en la calidad de la semilla y el rendimiento de toneladas métricas por hectárea. El experimento de campo se ubicó en finca Las Varitas, San Bernardino, Suchitepéquez, a una altura de 345 msnm, con una precipitación media anual de 1,734.9 mm y suelos con textura predominante franco arenosa a franco arcilloso. La temperatura promedio oscila entre 26 – 30 grados centígrados. La variedad de caña de azúcar utilizada en la investigación fue la CG 98 78 que se caracteriza por tener una población de tallos de 12 a 16 por metro lineal y alcanza alturas de 2.9 a 3.1 metros y un diámetro de 2.5 centímetros.

Los toletes fueron tratados hidrotérmicamente para el control de patógenos sistémicos, como los causantes de las enfermedades, raquitismo de las socas (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) y escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. Marco conceptual

#### 1.1. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar.

El género ***Saccharum*** corresponde a un complejo de estudio por seis especies; cuatro domesticadas ***S. officinarum***, ***S. edule***, ***S. barberi*** y ***S. sinensis*** y dos silvestres ***S. spontaneum*** y ***S. robustum***. (Subiros, 1995). La clasificación taxonómica de la caña de azúcar se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1, Clasificación taxonómica de la caña de azúcar.

	CLASIFICACIÓN
DIVISIÓN:	Embryophita sophonogama.
SUBDIVISION	Angiospermae.
CLASE:	Monocotyledoneae.
ORDEN:	Glumiflorae.
FAMILIA:	Gramineae.
TRIBU:	Anfropogonae.
SUBTRIBU:	Saccharae.
GENERO:	<b><i>Saccharum</i></b> .
Especie:	<b><i>officinarum</i></b>

Fuente: (Subiros, 1995).

#### 1.2 Producción de semilla (toletes) de caña de azúcar de alta calidad

En la figura uno se presenta las cajas conteniendo los toletes listos para la siembra en el campo.



Figura 1: Tolete semilla de calidad

En la figura uno puede observarse la semilla utilizada en la evaluación de seis densidades de siembra con toletes, fue del semillero comercial producido en Finca Vinazoducto. Los toletes que son semillas de calidad de la caña de azúcar para la siembra en campo definitivo.

### **1.3 Semillas o toletes de caña de azúcar**

Los toletes son llamados así porque son esquejes de caña cortados de 2 – 4 yemas viables. El esqueje o tolete es el tradicional empleado para siembra en el Ingenio Palo Gordo, eliminándose los extremos de los tallos y aquellos tallos que no reúnan características deseables como: grosor, largo de entrenudo, condición de la yema, etc. Esta eliminación de tallos se realiza antes de ser depositadas en cajas plásticas apropiadas, para darle el posterior tratamiento hidrotérmico el cual se realiza para evitar enfermedades tales como el raquitismo de la soca. La longitud media de los toletes esta entre 25 a 30 centímetros, pero varía según la variedad que se está utilizando. Al utilizar toletes se está garantizando una buena calidad de semilla que se lleva al campo. Según entrevista a Coyoy J. (2017). Ver figura 1.

### **1.4 Tratamiento hidrotérmico de toletes (semilla en esquejes)**

Para el control de patógenos sistémicos, como los causantes de las enfermedades raquitismo de las socas (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) y escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*) es importante el tratamiento hidrotérmico. Esto se ha demostrado por los incrementos del rendimiento de toneladas métricas de azúcar por unidad de área que ocurren al eliminar esos patógenos. Para *L. xyli*, los promedios de las diferencias en producción de nueve variedades sanas e infectadas fueron de 7.88 por ciento, 16.47 por ciento y 21.38 por ciento, en caña plantía, primera soca y segunda soca, respectivamente, lo cual significó hasta 26.9 toneladas de caña por hectárea en promedio en la segunda soca, según Ovalle, E. y García, S. (2006).

Para *X. albilineans* las diferencias en producción de azúcar entre plantas sanas y enfermas fueron de 8.69 por ciento y 2.48 por ciento para dos variedades con diferente grado de susceptibilidad a la enfermedad según Ovalle, E. y García, S. (2006).

Debido a las diferencias en la resistencia de *L. xyli* y *X. albilineans* al efecto del calor, se han determinado experimentalmente los tratamientos adecuados para cada uno de los casos. Ovalle, E. y García, S. (2006).

### **1.5 Definición de densidad de siembra en caña de azúcar**

Según Melgar, M., Meneses, A. (2012). Las distancias de siembra para la caña dependen como en los demás cultivos, de los siguientes factores:

- 1.5.1. Topografía del terreno.
- 1.5.2. Variedad de caña utilizada.
- 1.5.3. Fertilidad del suelo.
- 1.5.4. Sistemas de manejo agronómico.

En diversos países del mundo varían los distanciamientos de siembra y estos van desde 1.2 metros hasta los 2 metros entre surcos, esto va depender siempre de los cuatro factores mencionados anteriormente. Según Melgar, M., Meneses, A. (2012).

Las densidades de siembra pueden ir variando según como se arreglen los surcos ya que puede ser de una forma tradicional, esta va desde surqueo de 1 metro hasta 2 metros de distancia entre ellos, o se puede realizar de una forma diferente en surcos apareados o similar a sembrar piña, este consiste en plantar dos surcos estrechos distanciados de 0.75 m entre sí y dejando una calle amplia de 1.5 m, con este método se necesitaría el 33% más de material de siembra, más laboreo y mayor área para los semilleros, pero se esperarían un incremento equivalente en

la población, y en consecuencia una mayor producción, las densidades de siembra que se emplean en la actualidad varía entre 9 y 12 yemas por metro lineal, la cantidad de semilla varia con la separación entre surcos y con la distancia a la cual se distribuye cada paquete en el fondo del surco. CEÑICAÑA, (1995).

### **1.6 Antecedentes sobre evaluaciones de densidades de caña de azúcar**

La distancia entre los surcos del cultivo se establece de acuerdo con la textura y la fertilidad del suelo, con el objetivo de evitar la competencia que favorece la disminución en la producción. En suelos arcillosos y de baja fertilidad, esta distancia varía entre 1.35 m y 1.4 m, y en suelos de textura media y de alta fertilidad entre 1.50 m y 1.75 m. las menores distancias propician el cubrimiento rápido del entresurco, lo que disminuye la competencia de las malezas con el cultivo. CEÑICAÑA, (1995).

Actualmente en Guatemala el distanciamiento más común es de 1.5 m entre surco con variaciones en la densidad de siembra (yemas/m lineal), los rendimientos obtenidos a este distanciamiento van a variar en plantillas 121.3 TCH, y en la primera soca 130.8 TCH, cuando el distanciamiento se realiza a 1.3 m entre surco se pueden alcanzar rendimientos de 124.9 TCH en plantillas y 138.7 TCH en la primera soca; cuando el distanciamiento es de 1.6 m entre surco se pueden obtener rendimientos de 116.6 TCH en plantillas y 130.4 TCH en la primera soca, y si la siembra se realiza a 1.75 m entre surco se pueden obtener 118.5 TCH en plantilla y 127 TCH en la primera soca. CENGICAÑA. (2005).

Marroquín López O. S. (2014), Investigó el uso de siete densidades de siembra de caña de azúcar *Saccharum Spp.*, variedad CP 88-1165, en finca Marinalá, realizado en Ingenio La Unión, S.A. Escuintla, Guatemala C.A. Él utilizó los tratamientos: T1 20 yemas/m. lineal, T2 17 yemas/m. lineal T3 15 yemas (m/lineal), T4 13 yemas/m. lineal, T5 12

yemas/m. lineal, T6 11 yemas/m. lineal y T7 10 yemas/m. lineal. Determinó que los tratamientos 1 y 2 (20 y 17 yemas/m. lineal) obtuvieron un mayor promedio de tallos por metro lineal (9.3 tallos) que el tratamiento 7 (10 yemas/m. lineal) (9 tallos) y presentó mayor promedio de altura de tallo 2.5 m y 2.2 m respectivamente lo que pudo influir en la diferencia de producción de caña por unidad de área.

Marroquín López O. S. (2014), en las producciones obtenidas de caña en toneladas cortas: T1 = 139 t/ha, T2 = 138 t/ha, T3 = 135 t/ha, T4 = 135 t/ha, T5 = 135 t/ha, T6 = 134 t/ha y T7 = 126 t/ha. Realizó el andeva y el resultado fue que no existió diferencia estadísticamente significativa en los componentes de rendimiento de caña (población, altura de tallo, diámetro de tallo) entre los siete tratamientos evaluados.

Los resultados de Marroquín López O. S. (2014), indican que el tratamiento 1 (20 yemas/m. lineal) fue el que presentó mayor producción de caña por unidad de área (139 t/ha) a pesar de esto fue el que presentó la rentabilidad menos atractiva obteniendo el menor beneficio neto (BN) de los 7 tratamientos evaluados. El tratamiento 6 (11 yemas/m. lineal) es el que presenta mayor rentabilidad superando al testigo comercial T4 de 13 yemas/m. lineal.

## **1.7 Tipos de siembra de caña de azúcar (esquejes, yemas, toletes).**

### **1.7.1. Siembra a partir de esquejes**

La profundidad de estos surcos en suelos de texturas media y liviana puede ser entre 30 y 35 cm y en suelos de textura arcillosa entre 20 y 30 cm. Orozco, H. (1995).

### **1.7.2. Distancias de siembra**

La distancia entre los surcos del cultivo se establece de acuerdo con la textura y la fertilidad del suelo, con el objeto de evitar la competencia que

favorece la disminución en la producción. En suelos arcillosos y de baja fertilidad, esta distancia varía entre 1.35 y 1.40 m, y en suelos de textura media y de alta fertilidad entre 1.50 y 1.75 m. Las menores distancias propician el cubrimiento rápido del entresurco, lo que disminuye la competencia de las malezas. Es importante anotar que en algunos casos la distancia entre las ruedas del tractor es de gran importancia para la selección de la distancia de siembra. Orozco, H. (1995).

### **1.7.3. Material vegetativo para siembra**

El material que se utiliza para el establecimiento de campos comerciales consiste en esquejes o trozos de tallo de 60 cm de longitud, aproximadamente, y un mínimo de 3 a 4 yemas (denominados semilla), los cuales se agrupan en paquetes atados de 30 unidades cada uno. Según Orozco, H. (1995).

### **1.7.4. Densidad de siembra**

La densidad puede ser diferente si se cambia la longitud de bandereo consistente en colocar banderolas separadas entre 10 y 12 m cada 30 surcos o si se hacen otros arreglos en el número de surcos por hectárea. Por ejemplo, si se mantiene la distancia de 1.5 m entre surcos que predomina actualmente, al variar la longitud de bandereo de 12 a 18 m se obtendría un ahorro de 33% en el material y en las labores de siembra, así como en el área de los semilleros, recursos que se podrían emplear en otras actividades de la explotación comercial. CENICAÑA, (1995).

La densidad de siembra puede cambiar, también, con la forma de arreglo de los surcos. Cuando se utiliza el sistema de surco apareado, similar al que se usa en la siembra de piña, consistente en plantar en dos surcos estrechos distanciados 0.75 m entre sí y dejando una calle amplia de 1.5 m, se necesitaría 33% más de material de siembra, más laboreo y mayor área para los semilleros; pero se esperaría un incremento equivalente en población y, en consecuencia, una mayor producción. No obstante, estas

variantes se deben evaluar con diferentes variedades de caña y tipos de suelos. CENICAÑA. (1995).

La densidad de siembra que se emplea en la actualidad varía entre 9 y 12 yemas por metro de surco. La cantidad de semilla varía con la separación entre surcos y con la distancia a la cual se distribuye cada paquete en el fondo del surco (bandereo). CENICAÑA. (1995).

#### **1.7.5. Sistemas de siembra**

La semilla (esquejes) proveniente semillero semicomercial y semillero comercial que son cultivos sanos y manejados en forma adecuada, se corta entre 7 y 9 meses de edad, se alza y transporta en vagones o camiones hasta el sitio de siembra comercial. Una vez en el campo, el tractor con el vagón y los paquetes con esquejes, avanza sobre cada línea de banderolas y, en forma coordinada, dos operarios colocan los paquetes a cada lado en tres o cuatro surcos. CENICAÑA. (1995).

Los esquejes se colocan en el fondo del surco en forma manual, y se distribuyen de manera uniforme en los espacios señalados, quedando generalmente traslapados en longitud variable según la distancia de bandereo. En cadena doble utilizando 14 yemas por metro lineal.

Por último, se cubre el material en forma manual o mecánica con una capa de suelo de 5 cm. Esta labor se hace con un tractor liviano de 60 a 90 HP, el cual en la barra porta-herramientas lleva enganchados seis “brazos”, dos por cada surco, que tapan en forma simultánea tres surcos. Para cubrir el material en cada surco, también se pueden usar discos colocados por parejas en la barra porta-implementos. En ambos sistemas, el rendimiento de la máquina es de 1 ha/hora. CENICAÑA. (1995).

## **1.8 Uso de toletes en la siembra de semilleros de caña azúcar en Guatemala.**

Según Coyoy J. (2017). El uso de toletes en caña de azúcar en semilleros es:

### **1.8.1. Semillero del mejorador**

Esta es una semilla de cantidad limitada y es proporcionada por CENGICAÑA. Esta proviene de los nuevos híbridos que han pasado una serie de tamices de selección, incluyendo evaluaciones regionales. Coyoy J. (2017).

### **1.8.2. Semillero básico**

Los semilleros básicos son establecidos con la semilla proveniente del semillero del mejorador o bien con semilla de las variedades seleccionadas en el programa de renovaciones. Toda la semilla (toletes) utilizada en el semillero básico es tratada hidrotermicamente y la cantidad de semilla básica a producir está determinada de acuerdo al requerimiento de la empresa. El semillero básico debe presentar un 100% de pureza varietal. Coyoy J. (2017).

### **1.8.3. Semillero registrado o semicomercial**

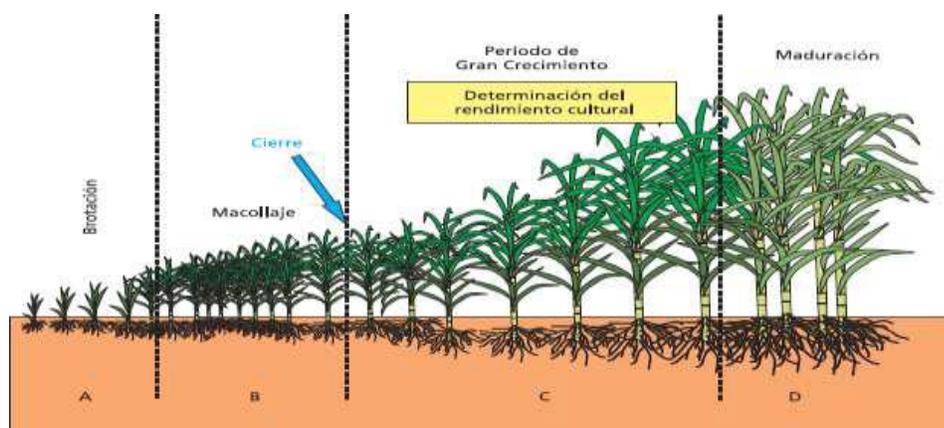
Se establece con la semilla (toletes) proveniente de un semillero básico. El semillero semicomercial puede establecerse por medio del sistema de siembra convencional (10 -12 yemas por metro lineal). La meta es sembrar todo el semillero registrado o semicomercial con semilla provenientes de los semilleros básicos. En este semillero se debe producir semilla con 99 % de pureza varietal y con niveles bajos de enfermedades sistémicas. Coyoy J. (2017).

#### 1.8.4. Semillero certificado o comercial

Este debe establecerse con la semilla proveniente del semillero registrado o semicomercial. En el semillero certificado la semilla deberá poseer al menos 98% de pureza varietal y debe contener niveles bajos de enfermedades sistémicas. Coyoy J. (2017).

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

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



**Figura 2: Fases fenológicas del cultivo de caña de azúcar**

Fuente: CENGICAÑA, (2005).

#### 1.9.1. Establecimiento (brotación y emergencia 30 – 50 días)

La brotación se refiere a la iniciación del crecimiento a partir de las yemas presentes en los tallos plantados o en los que quedan en pie después de la cosecha del cultivo anterior.

Durante esta fase es necesaria la disponibilidad adecuada de agua y el control de malezas. El déficit hídrico tiene un impacto

significativo sobre el rendimiento de azúcar ya que propicia la reducción de la densidad de población de adultos debido al nuevo e insuficiente sistema de raíces pequeñas y poco profundas. Barbieri, (1993).

La brotación de las yemas es influenciada por factores externos e internos. Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo. Los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional. La brotación produce una mayor respiración y por eso, es importante tener una buena aireación del suelo. Por esta razón, los suelos abiertos, bien estructurados y porosos permiten una mejor germinación. Bajo condiciones de campo, una brotación en torno del 60% puede ser considerada segura para un cultivo satisfactorio de caña Fauconnier. (1975).

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

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

El ahijamiento es el proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario. El ahijamiento le da al cultivo un número adecuado de hojas activas y tallos, que permiten obtener un buen rendimiento. Diversos factores, tales como la variedad, la luz, la temperatura, el riego (humedad del suelo) y las prácticas de fertilización afectan al ahijamiento. La incidencia de una iluminación adecuada en la

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

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

Comprende desde el cierre del dosel hasta el inicio del periodo de madurez de los tallos. Se caracteriza por el aumento de biomasa y del número de tallos por área. La humedad es fundamental para que el sistema radical se desarrolle y pueda absorber los nutrimentos.

Cualquier déficit de agua comenzaría el proceso de maduración y detendría la acumulación de sacarosa antes de su etapa óptima.

Durante la primera etapa de esta fase ocurre la estabilización de los retoños, que al estar formados, sólo el 40 - 50% sobrevive y llega a formar cañas triturables. Esta es la fase más importante del cultivo, en la que se determinan la formación y elongación real de la caña y su rendimiento. En esta fase ocurre un crecimiento rápido de los tallos con la formación de 4-5 nudos por mes, así como una foliación frecuente y rápida hasta alcanzar un Índice de Área Foliar (IAF) de 6-7. Según Barbieri. (1993).

El riego por goteo, la fertirrigación y la presencia de condiciones climáticas de temperatura y humedad elevadas, y alta radiación favorecen una mayor elongación de la caña. El estrés hídrico reduce la longitud internodal. Temperaturas sobre 30°C, con humedad cercana al 80%, son más adecuadas para un buen crecimiento. Benvenuti, (2005).

#### **1.9.4. Fase de maduración y cosecha**

Se inicia alrededor de dos a tres meses antes de la cosecha para cultivos con ciclo de 12 meses (maduración a los 220 – 360 días). En esta fase se requiere un bajo contenido de humedad del suelo, por lo que el riego debe ser reducido y luego detenerse para llevar la caña a la madurez; así se detiene el crecimiento y se propicia la acumulación de carbohidratos y la conversión de azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa. La maduración de la caña ocurre desde la base hacia el ápice y por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta. Barbieri, (1993).

El proceso de cosecha en Guatemala se realiza de dos formas: manual y mecanizado. El proceso cosecha manual está compuesto de cinco etapas y tres sistemas de operación. Las cinco etapas del proceso son: muestreo pre-cosecha, quema de la caña de azúcar, corte manual, alce y transporte. Los sistemas de operación son: granel (chorra continua y chorra discontinua), tramos y maletas como se muestra en la figura 19, 20 y 21 en anexos. El proceso de cosecha se realiza en verde o en quemado y a través de tres procesos específicos de cosecha. CENGICAÑA (2017).

#### **1.10 Crecimiento y producción de caña utilizando toletes.**

El tolete surge como estrategia para que el tratamiento hidrotermico sea más eficiente. La siembra de toletes de caña de azúcar es utilizado en los semilleros (semilleros básicos y semilleros semicomerciales) del ingenio Palo Gordo. A los toletes se les da un tratamiento hidrotermico para garantizar la calidad de la semilla que es utilizada en los semilleros. La densidad de siembra de los semilleros es: 1.40 metros entre surcos y 12 yemas por metro lineal, obtienen poblaciones de tallos entre 12 a 14 tallos por metro lineal y diámetros de 2 a 3.5 centímetros según la variedad que se utilice. Según Coyoy J. (2017).

En el tratamiento hidrotermico de semilla en el ingenio Palo Gordo se evaluaron dos mezclas de agroquímicos para tratar la semilla previo a la siembra (Mancuerna 28 SC + Pikudo 20 SL) *vrs.* (Vitavax + Bioflora + Seaweed creme). Los resultados obtenidos en el ensayo indican que no existió diferencia significativa entre los dos tratamientos. Las variables medidas a los 150 días después de la siembra fueron: No. de tallos por metro lineal, altura de tallo y diámetro de tallo. La producción obtenida en la investigación osciló en 108 - 110 toneladas cortas de caña por hectárea. Según Coyoy J. (2017).

## 2. Marco Referencial

### 2.1. Localización del área experimental

Finca Las Varitas se ubica en el municipio de San Bernardino, Suchitepéquez, coordenadas  $14^{\circ}31'42.51''$  Norte y  $91^{\circ}28'14.06''$  Oeste, se puede apreciar en la figura 3. Colinda al este con el cantón el Sauce, al oeste con el río Nima, al norte con la finca Gonzales y al sur con finca Nueva Linda.

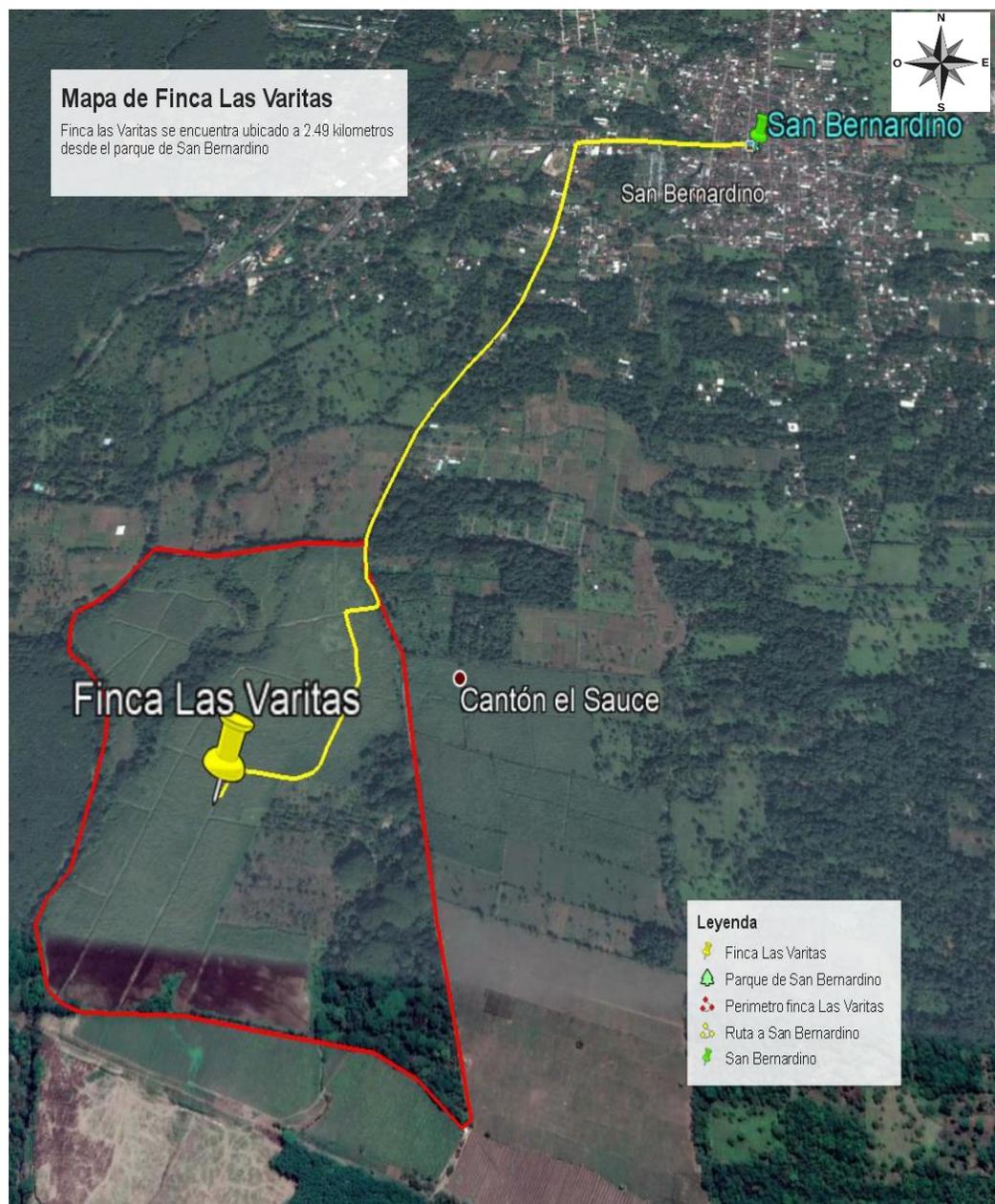


Figura 3: Ubicación geográfica de finca Las Varitas

Fuente: Google Earth Pro. (2018).

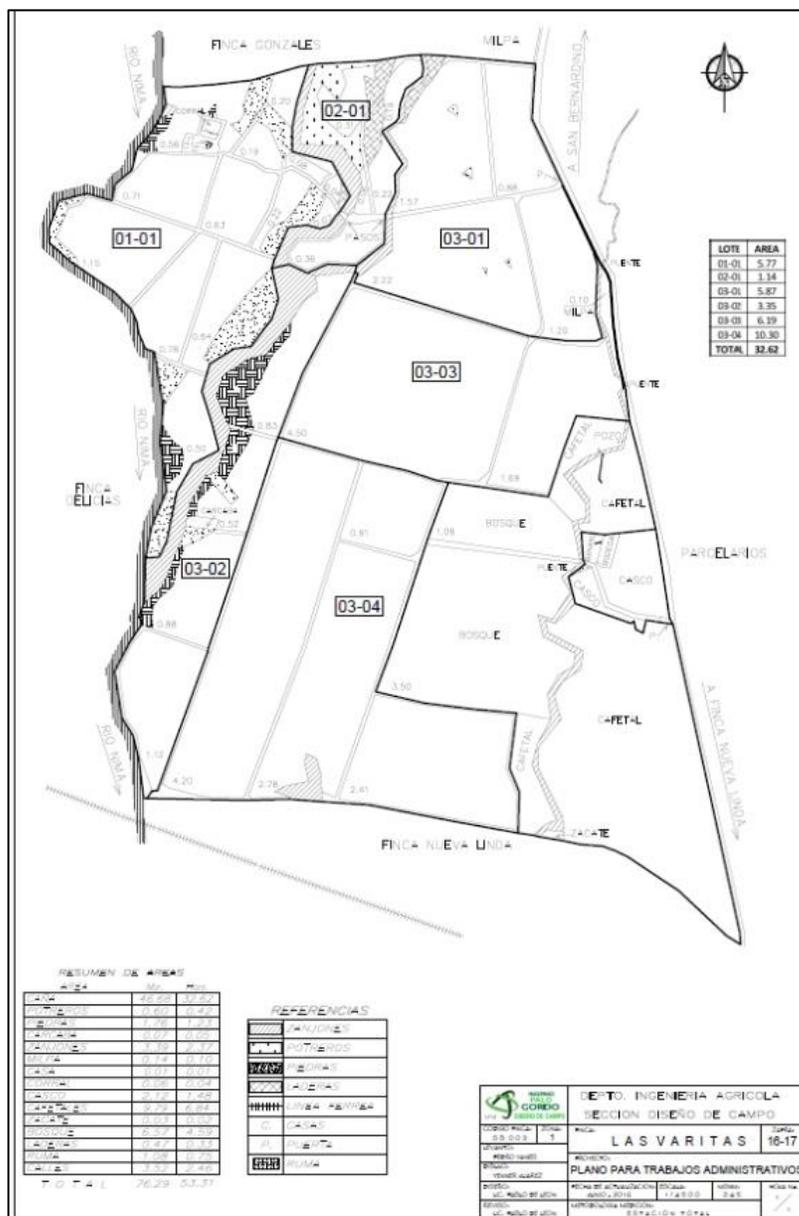


Figura 4: Mapa de finca Las Varitas

Fuente: de León Pablo (2017).

## 2.2. Temperatura

La temperatura media anual oscila entre 26 y 30 grados centígrados, con una mínima de 21 °C y una máxima de 37 °C (CENGICAÑA, 2009).

### **2.3. Precipitación pluvial**

La precipitación pluvial ocurre generalmente desde los meses de mayo a octubre, y en promedio anual llueve alrededor de 1,734.91 milímetros (CENGICANA, 2009).

### **2.4. Zonas de vida**

Según el sistema de clasificación de R. L. Holdridge, el área de estudio se encuentra en la zona de vida, Bosque muy húmedo Subtropical cálido "bmh-S(c)" y a una altura de 345 msnm (MAGA, 2017).

### **2.5. Vías de acceso**

La investigación se estableció en finca Las Varitas que se encuentra ubicado 2.49 kilómetros del centro de San Bernardino, Suchitepéquez. Ver figura 3.

### **2.6. Características generales de los suelos**

Son suelos minerales con estado de desarrollo incipiente, joven o maduro. Con un horizonte superficial (epipedón móllico) de color oscuro, rico en humus, bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla pluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cambico cargado de arcilla); de poco profundos a muy profundos, fertilidad de baja a alta; desarrollados de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, acidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas. Simmons, Tárano T, & Pinto Zúñiga, (1959).

El drenaje interno de estos suelos es de muy pobre a bien drenado, el nivel freático se encuentra bastante superficial durante la estación lluviosa en algunas áreas. Orozco, H. (1995).

Los suelos Mollisol son superficiales a moderadamente profundos a muy profundos (60 a >120 cm), características de estos suelos son

texturas del suelo y subsuelo de franco arenoso a franco arcilloso y arcilloso, con epipedón mólico, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios; tienen horizontes superficiales oscurecidos, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia friable y dotada suficientemente de bases, principalmente de calcio (Ca) y magnesio (Mg). Presentan topografía que varía entre ligeramente inclinada a extremadamente empinada. Son suelos medianamente evolucionados con horizontes ABC y AC. CENGICAÑA, (2012).

## **2.7. Variedad CG 98 78**

Esta variedad tiene a progenitores TUC68-19 x CP57 – 603, edad de semillas 6 a 7 meses, se recomienda estaquillados o banderolas a cada 8 a 10 m, es resistente a tratamiento hidrotérmico.

La germinación de esta variedad es de 15 a 20 días después de siembra. El hábito de crecimiento es erecta, presenta uniformidad de tallos. Es susceptible al acame (60 %), población de tallos es de 12 a 16 por metro lineal y alcanza alturas de 2.9 a 3.1 metros, con diámetro de 2.5 centímetros.

Dentro de los principales aspectos de la planta se pueden mencionar; entrenudos cilíndricos con poca presencia de cera, hábito ligeramente inclinado, nudos cilíndricos, yemas triángulo ovaladas, cuello doble creciente angosto verde y liso, aurícula transicional ascendente, lígula deltoide centro romboidal, lamina foliar aserrada, presenta buena población, buena altura y diámetro, además presenta mamones en la macolla, la vaina se raja longitudinalmente por la mitad y desprende cera al tacto.

## **2.8. Tratamiento químico**

Este tratamiento se realiza después del tratamiento hidrotérmico, consistiendo en sumergir la semilla en inmersión durante 5 minutos en la siguiente solución: Vitavax 3 l/1000 l, Bioflora 7.5 l/1000 l, Sw-3 Seaweed crème 7.5 l/1000 l.

### **2.8.1 Vitavax 34 SC**

Es un fungicida sistémico para tratamiento de semillas en diversos cultivos, de acción sistémica y protectante. Controla efectivamente hongos presentes en las primeras etapas del cultivo.

Se presenta en forma de suspensión acuosa, para el control de los patógenos que atacan a la semilla durante la germinación y en estado de plántula; también previene y controla el Damping-off ya sea como pudrición de semillas o marchitez de plántulas.

### **2.8.2. Bioflora 5-4-2**

Composición: Nitrógeno (5.06%), fosforo (4.50%), potasio (2.43%), más elementos menores.

Bioflora 5-4-2, es un fertilizante orgánico, elaborado a base de compuestos orgánicos, los materiales utilizados son: emulsión de pescado, algas marinas (*Ascophylum nodosum*), ácido fúlvico, ácido orthofosforico, enzimas y aminoácidos. Es un fertilizante foliar y para suelo al momento de siembra y trasplante. Con las aplicaciones foliares se mejora el metabolismo y el proceso fotosintético de las plantas, favoreciendo el sistema radicular, vegetativo y producción.

Ventajas de utilizar el Bioflora 5-4-2:

Mayor producción de raíces

Mayor crecimiento vegetativo

Mayor energía para floración y cuaje de fruto

Mayor producción.

Reduce el estrés natural y químico de las plantas.

### 2.8.3. SW-3 Seaweed Creme

SW-3 Seaweed crema está compuesto por algas marinas homogeneizadas *Ascophyllum nodosum* y procesada en frío. El equilibrio biológico de este producto único facilita la absorción de nutrientes y estimulación de puntos de crecimiento, mejorando el crecimiento de las plantas en la parte foliar y el desarrollo de la raíces absorbentes de la planta. Derivados de las algas *Ascophyllum nodosum*, SW-3™ contendrá no menos de 8% en peso del volumen de sólidos solubles de algas. Características: Aminoácidos: Las algas tienen más de 17 aminoácidos comunes, que son esenciales para aumentar el metabolismo de la planta así de elementos menores como en el suelo el zinc, manganeso, hierro, boro, cobre, cobalto y molibdeno. Hidratos de carbono y polisacáridos: Ácido Algínico, manitol, manosa y azúcares. Se encuentran en las algas: Oligosacáridos - una clase especial de hidratos de carbono que son esenciales para la formación de yemas, flores, y frutas.

Lo mejor de las algas: Crema de Algas SW3 contiene *Ascophyllum nodosum* - marrón que es cosechado a mano en frío, en las aguas del Atlántico Norte. SW-3™ Crema de algas marinas es realmente único: CREMA DE ALGAS™ es preparado por un único proceso que tiene distintas, ventajas específicas:

- Procesado en frío para proteger la integridad de nutrientes.
- Homogeneizados para asegurar la uniformidad.
- Filtrada a través de la malla de 200 pantallas.
- Soluble en agua para facilitar la mezcla.

Por todas las características mencionadas anteriormente se estima que el SW-3 ayude a mejorar el desarrollo del cultivo.

### III. OBJETIVOS

#### 1. Objetivo general

Determinar el efecto de seis densidades de siembra con toletes sobre la calidad y el rendimiento en toneladas métricas por hectárea de caña de azúcar *Saccharum officinarum*. En finca Las Varitas, San Bernardino, Suchitepéquez.

#### 2. Objetivos específicos

- 2.1. Determinar el efecto sobre las variables biométricas (% de germinación, tallos por metro lineal, altura y diámetro de tallo) de seis densidades de siembra con toletes en semilleros comerciales de caña de azúcar.
- 2.2. Determinar el efecto sobre la variable toneladas métricas de semilla por hectárea, de seis densidades de siembra con toletes en semilleros comerciales de caña de azúcar
- 2.3. Determinar que densidad de siembra con toletes en semilleros comerciales de caña de azúcar presenta la mejor relación beneficio costo y rentabilidad.

#### IV. HIPOTESIS

- Ho. Todas las densidades de siembra con toletes evaluadas (6, 8, 10, 12, y 14 yemas por metro lineal), tendrán el mismo efecto sobre las variables respuestas biométrías (% de germinación, tallos por metro lineal diámetro y altura de tallo) y el rendimiento de toneladas por hectárea de caña de azúcar *S. officinarum*.
- Ha. Al menos una de las densidades de siembra con toletes evaluadas (6, 8, 10, 12 y 14 yemas por metro lineal) producirá un efecto diferente a las variables respuestas biometría (% de germinación, tallos por metro lineal, diámetro y altura de tallos) y el rendimiento de toneladas por hectárea de caña de azúcar *S. officinarum*.

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. Materiales**

- Semilla de caña de azúcar
- 1000 litros de agua
- 3 litros de Vitavax,
- 7.5 litros de Bioflora 7.5 l
- 7.5 litros de Sw-3 Seaweed creme
- 245 cajas de plástico
- 8 varitas de tarro con medidas de un metro
- Azadones
- Machetes
- Libretas de campo
- Lapiceros
- Computadora

### **2. Métodos**

#### **2.1. Localización**

Finca Las Varitas se encuentra ubicada en el municipio de San Bernardino del departamento de Suchitepéquez.

#### **2.2. Material experimental**

Se evaluó la variedad CG 98-78 sembrada comercialmente en el Ingenio Palo Gordo.

## 2.3. Análisis estadístico

### 2.3.1. Diseño experimental

La investigación de densidades de siembra utilizando toletes se realizó en campo definitivo para evaluar los rendimientos en tm/ha de caña de azúcar, en plantaciones comerciales en campo definitivo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones; cada unidad experimental estaba constituida por 6 surcos de 96 metros de largo distanciados entre ellos 1.40 metros ver figura 5. La densidad de siembra evaluada (número de yemas por metro lineal) se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2: Densidades de siembra por hectárea.**

<b>DISTANCIAMIENTOS</b>	<b>YEMAS POR HECTÁREA</b>
6 yemas/m con toletes X 1.4 m	42,857
8 yemas /m con toletes X 1.4 m	57,143
10 yemas /m con toletes X 1.4 m	71,429
12 yemas/ m con toletes X 1.4 m	85,714
14 yemas /m con toletes X 1.4 m	100,000
14 yemas /m (esquejes comercial) X 1.4 m	Testigo 100,000

Los toletes utilizados presentaban 2 yemas y fueron transportados en cajas por medio de un camión; y para los esquejes de 60 centímetros de largo fueron transportados en paquetes. A los toletes se les dio un tratamiento hidrotérmico.

### 2.3.2. Unidad experimental

La unidad experimental consistió en una parcela de 6 surcos distanciados a 1.4 m y 96 metros de largo; haciendo un total de 806.4 m<sup>2</sup> por parcela. Ver figura 5.

### Número de unidades experimentales:

6 tratamientos \* 4 repeticiones = 24 unidades experimentales.  
 El total de surcos utilizados en el experimento fue de 144 (24 U.E. X 6 surcos). El área total del experimento fue de 19,353.6 m<sup>2</sup> equivalente a 1.94 ha.

### 2.3.3. Croquis de campo del experimento

En Finca Las Varitas el experimento se montó en el lote 0304.  
 Ver figura 5.

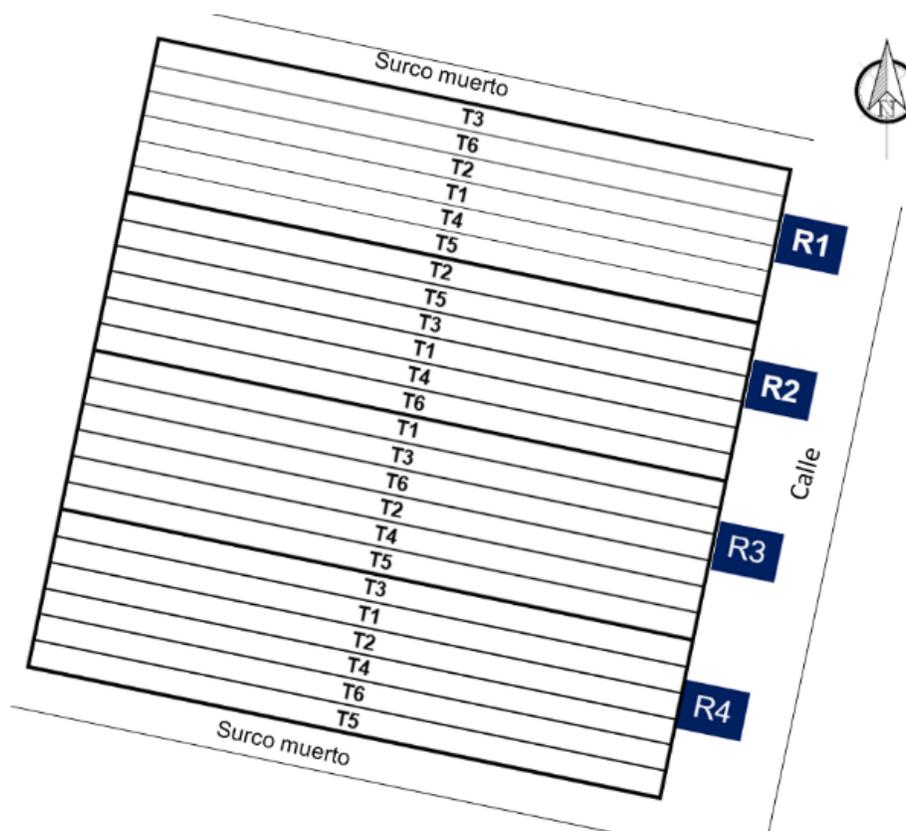


Figura 5: Croquis del experimento

### 2.3.4. Tratamientos

**Tratamientos (T):** se usó 6 tratamientos los cuales se describen a continuación en el cuadro tres.

Cuadro 3: Descripción de los tratamientos.

TRAT.	DESCRIPCIÓN
T1	6 yemas por metro lineal con toletes. Tratamiento Térmico + Fungicida + Bio estimulante
T2	8 yemas por metro lineal con toletes. Tratamiento Térmico + Fungicida + Bio estimulante
T3	10 yemas por metro lineal. Tratamiento Térmico + Fungicida + Bio estimulante
T4	12 yemas por metro lineal. Tratamiento Térmico + Fungicida + Bio estimulante
T5	14 yemas por metro lineal. Tratamiento Térmico + Fungicida + Bio estimulante
T6	14 yemas por metro lineal, utilizando esquejes de 60 cms. Testigo Comercial sin Tratamiento Térmico

### 2.3.5. Modelo estadístico

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

Donde:

$Y_{ij}$  = variables respuestas toneladas de caña azúcar/ha.

$\mu$  = media general en toneladas de caña de azúcar por ha.

$T_i$  = efecto de la i-esima densidad a evaluar (6, 8, 10, 12, y 14 yemas por metro lineal) de caña de azúcar.

$B_j$  = es el efecto del j- esimo bloque o repetición.

$E_{ij}$  = el error experimental asociado a la ij-esima unidad experimental.

### 2.3.6. Supuesto

El error experimental se distribuye de forma normal e independiente con media y varianza  $E_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$  constante.

## **2.4. Variable respuesta:**

Principal: Rendimiento de caña en tm/ha.

Secundarias:

- % de germinación
- Población de tallos/ m lineal
- Diámetro de tallo (cms.)
- Altura de tallos (m)

### **2.4.1. Rendimiento de caña (tm/ha)**

Para determinar el rendimiento de caña por ha, se ubicó al cortador en cada unidad experimental indicándole el orden de colocación de la caña cortada. El corte se realizó en forma manual dejando una chorra de seis surcos en cada parcela; se alzó la caña con alzadoras a camiones pequeños, para luego ser pesados en la báscula del ingenio. Obtenido el peso de la caña de cada unidad experimental se transformó a tm/ha por medio de cálculos matemáticos.

### **2.4.2. Numero de yemas germinadas /metro lineal**

Se realizó un muestreo de yemas germinadas en 3 puntos; que midieron 5 metros por punto en cada tratamiento.

Se realizó 3 muestreos de yemas germinadas, iniciando a los 10 días después de la siembra (DDS), a los 20, y 30 DDS, donde se tomaron datos de germinación.

### 2.4.3. Población de tallos

La población de tallos se obtuvo a los 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de siembra, en los tres puntos determinados para ello, tal como se puede observar en la figura seis.



**Figura 6: Conteo de población de tallos/ m lineal.**

### 2.4.4. Diámetro de tallo (cms.)

El diámetro se midió con un vernier a los 45 días después de la siembra, también a los 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de siembra. Esta variable se tomó en 3 puntos, por cada unidad experimental, los puntos de muestreo se ubicaron a los 25, 50 y 75 metros dentro de los surcos, midiendo 5 metros lineales por cada punto y que estaban ubicados en el surco 2, 3 y 4, y se marcaron 5 plantas al azar con nylon color rojo, tal como se puede observar en la figura siete.



**Figura 7: Medición de diámetro de tallos.**

#### 2.4.5. Altura de tallos (m)

Para esta variable se tomaron medidas en los mismos 3 puntos de muestreos; se midió la altura a las 5 plantas las que se marcaron con nylon color rojo.

La altura se midió a partir de los 45 días después de la siembra, utilizando una cinta métrica y se tomaron lecturas a los 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra, lo cual se observa en la figura ocho.



Figura 8: Medición de altura de tallos.

#### 2.5. Análisis de la información:

Se realizó un análisis de varianza para cada variable respuesta (ANOVA) con el paquete estadístico Infostat. No fue necesario realizar una prueba comparativa múltiple de medias debido a que las variables evaluadas no tuvieron diferencia significativa entre tratamientos.

#### 2.6. Análisis económico

Se realizó un análisis económico para determinar cuál es el mejor tratamiento, también el que presentó la mejor rentabilidad, y se obtuvo la relación beneficio/costo, en donde se evaluó el costo por tratamiento y el beneficio que se recibe de cada uno. Esta relación se realizó con base en la productividad que se alcanzó en cada tratamiento.

## **2.7. Manejo del experimento**

### **2.7.1. Preparación del suelo**

Cada labor para preparar el suelo previo a la siembra se describe a continuación:

### **2.7.2. Subsulado de suelo**

Fue realizado a una profundidad de 30 – 45 cms. como primer paso. Esta labor corta, levanta y remueve la capa dura profunda y la parte superficial del suelo.

### **2.7.3. Volteo (rastro arado)**

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

### **2.7.4. Pulido (rastra pulidora)**

Se realizó con el instrumento conocido como rastra con implemento de 16 discos. El objetivo de esta labor es roturar y fraccionar los terrones producidos en el volteo o en el subsuelo, destruir e incorporar residuos vegetales y ayudar en el control de plagas del suelo.

### **2.7.5. Surcado**

El surcador utilizado fue una de tres cuerpos distanciados 1.40 entre estos. La profundidad del surqueado fue a 0.25 m para todo el experimento de campo.

### **2.7.6. Estaquillado**

Se realizó en el ensayo un estaquillado en el tratamiento 6 (esquejes comerciales que fue el testigo) y en cada repetición de este

tratamiento. El estaquillado se llevó a cabo dejando una estaca de bambú a cada 8 metros como indicador de la distancia que tendría que cubrir cada paquete de 30 esquejes.

Para los tratamientos T1, T2, T3, T4, y T5 donde fueron utilizados toletes, se distribuyeron las cajas plásticas que contenían los toletes tratados hidrotérmicamente. Cada caja contenía 211 toletes (422 yemas viables). Como los surcos de las unidades experimentales tenían una distancia de 96 metros de largo, para el T1 se utilizaron 9 cajas por unidad experimental, para el T2 se utilizaron 11 cajas por unidad experimental, para el T3 se utilizaron 14 cajas por unidad experimental, en el T4 se utilizaron 17 cajas por unidad experimental y en el T5 se utilizaron 20 cajas en cada unidad experimental y para el testigo se utilizaron 72 paquetes de esquejes (cada paquete 28-30 esquejes).

#### 2.7.7. Corte de la semilla

La semilla utilizada para el testigo (esquejes de 60 cms), así como la semilla en toletes que fue tratada hidrotérmicamente fue cortada en un semillero comercial de finca Vinazoducto. La semilla contaba con una edad de 9 meses, tal y como se puede observar en las figuras nueve y diez.



Figura 9: Corte de semilla, esquejes de 60 centímetros.



**Figura 10: Corte de semillas toletes de dos yemas.**

### **2.7.8. Tratamiento hidrotérmico de toletes.**

Se realizaron las siguientes actividades con la semilla de toletes:

- Lavado de semillas: este lavado se le proporciona a toda la semilla para la limpieza de todo tipo de impureza que pueda traer del campo donde se cortó, semilla obtenida de semillero comercial de finca Vinazoducto.
- Pre tratamiento hidrotérmico: consiste en tratar hidrotérmicamente la semilla por 10 minutos a 51 grados centígrados.
- Tratamiento hidrotérmico: este tratamiento se le proporciona a la semilla con el objetivo de eliminar la bacteria *Leifsonia xyli* causante de la enfermedad de raquitismo de la soca. Se realizó el tratamiento durante media hora a 52 grados centígrados.
- Choque térmico: consiste en colocar las semillas en otra pila con agua fría a 24 C°, para prevenir la escaldadura foliar *Xanthomonas albilinean*.
- Por último se pasa en la pila donde se tienen varios productos químico (Vitavax 3 l/1000 l, Bioflora 7.5 l/1000 l, Sw-3 Seaweed creme 7.5 l/1000 l), lo cual se puede observar en la figura 11.



**Figura 11: Planta de tratamiento hidrotérmico para la semilla (toletes).**

### **2.7.9. Siembra**

La siembra se realizó de forma manual y se utilizó cajas para transportar la semilla (toletes) que correspondieron a los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5. A cada persona de siembra se le dio una varita con medida de un metro, para sembrar las yemas necesarias a cada tratamiento, y para el tratamiento 6 se utilizó paquetes; cada paquete estaba conformado por 30 esquejes de 60 cm cada uno, el estaquillado era el tradicional en la finca y fue utilizado como testigo (8 metros). Ya distribuida la semilla al fondo del surco en cadena doble, se procedió a taparla dejando 5 centímetros de tierra sobre la misma, esto se puede observar en la figura 12.



**Figura 12: Siembra de toletes.**

## 2.8. Manejo agronómico del ensayo

Se realizó un mismo manejo agronómico a todo el ensayo tomando como referencia el manejo que se le da en las fincas del ingenio Palo Gordo a cañales renovados (plantillas).

### 2.8.1. Control de malezas

Para el control de malezas se realizaron aplicaciones de herbicida pre emergente una semana después de la siembra. Luego a los 45 – 50 días después de la siembra con la cultivadora se botó la mesa y con el cultivo se eliminó las malezas que estaban en la calle entre los surcos de la caña de azúcar. Posterior a esta labor se realizó una aplicación de cierre con herbicidas menos residuales y más económicos, estos se presentan en cuadro cuatro y cinco.

**Cuadro 4: Herbicidas de aplicación pre-emergente en caña de azúcar.**

Producto químico /nombre comercial	Dosis /ha Tonel/180 litros	Ingrediente activo o nombre técnico
Pentamins	80 gr	Acidos Carboxilicos (80%) Carbohidratos (20%)
Kronex	1.25 l	3-(3,4-dichlorophenyl),-1, dimethylurea.
Terbutrina	2.50 l	N <sup>2</sup> -tert-butyl-N <sup>4</sup> -ethyl-6-methylthio-1,3,5-triazine-2,4-diamine (50%).
Prowl	4.00 l	Pendimentalina
Elimina	1.25 l	2,4-dichlorophanoxy acetic acid. (2,4-D)
Silka weet (Adherente)	0.30 l	Sodiumalkyl benzene sulphonate (8.38 %) Poliethoxylated noniphenol (8%)

**Cuadro 5: Herbicidas de aplicación de cierre.**

Producto químico / nombre comercial	Dosis /ha	Nombre técnico o ingrediente activo
	Tonel/180 litros	
Pentamins	80 gr	Acidos Carboxilicos (80%) Carbohidratos (20%)
Kronex	1.5 l	3-(3,4-dichlorophenyl),-1, dimethylurea.
Terbutrina	3 l	N <sup>2</sup> -tert-butyl-N <sup>4</sup> -ethyl-6-methylthio-1,3,5-triazine-2,4-diamine (50%).
Elimina	1.25 l	2,4-dichlorophanoxy acetic acid. (2,4-D).
Silka weet (Adherente).	0.30 l	Sodiumalkyl benzene sulphonate (8.38 %) Poliethoxylated noniphenol (8%)

### 2.8.2. Fertilización

Se realizó con base al programa de fertilización de finca Las Varitas. Esta labor se encamina a adicionar al suelo los elementos que el cultivo extraerá. Al inicio de la siembra de forma manual se aplicó fosforo 18-46-0 con una dosis de 3 quintales por hectárea y a los 3 meses se fertilizó con urea de forma mecánica con dosis de 3 quintales por hectárea.

### 2.8.3. Plagas

Por lo regular después del volteo y preparación del suelo, las plagas en su mayoría son controladas con estas labores. Fue así como no se tuvo ningún inconveniente con plagas mientras duró el ciclo del cultivo, en el ensayo de campo de la investigación.

#### **2.8.4. Riego**

En la finca después de la siembra del experimento de campo fueron aplicados cuatro riegos durante la germinación y se utilizaron aspersores con cañones F 150, con una frecuencia de 10 – 12 días entre estos. Estos riegos fueron suficientes para el establecimiento del cultivo y posterior a estos dio inicio el invierno.

#### **2.8.5. Descripción del proceso en cosecha**

##### **2.8.5.1. Aplicación de madurantes**

La aplicación de madurantes químicos está dirigido a promover la maduración en cañas que se cosechan en los primeros dos tercios de la zafra, durante los meses de noviembre a febrero, su principal ventaja es la de aumentar los grados Brix, Pol y pureza del jugo y por lo tanto los niveles de sacarosa que en determinados casos llegan hasta un 20% en sacarosa. El madurante utilizado previo a la cosecha fue el Round up SL (Glifosato ácido fosforoso).

##### **2.8.5.2. Quema**

La quema por lo regular se realiza un día antes del corte programado. Para este caso se presentó una quema criminal en la finca y lote de ubicación del ensayo, realizándose este una semana antes de lo programado.

#### **2.8.6. Corte manual**

Para realizar el corte del ensayo fueron repartidos uno o dos cortadores por parcelas de tal forma que, cada unidad experimental fuera cortada en su totalidad y la caña se colocara en una misma chorra, para facilitar el alce, transporte y control de los rendimientos en cada unidad experimental.

### **2.8.7. Alza y transporte**

La caña cortada manualmente fue cargada en jaulas de camiones pequeños (10 – 12 toneladas de capacidad) utilizando alzadoras mecánicas; para luego ser pesada cada unidad experimental (cada camión) en la báscula del ingenio Palo Gordo.

## VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de las variables respuestas evaluadas en el presente ensayo de campo.

### 1. Variable rendimiento tm/ha de caña.

Esta variable fue tomada al final del ciclo del cultivo. Se cortó en forma manual cada unidad experimental y fue alzada mecánicamente a camiones pequeños, los cuales fueron pesados en báscula. En la figura 13 se presentan los promedios en tm/ha de caña de azúcar de cada tratamiento.

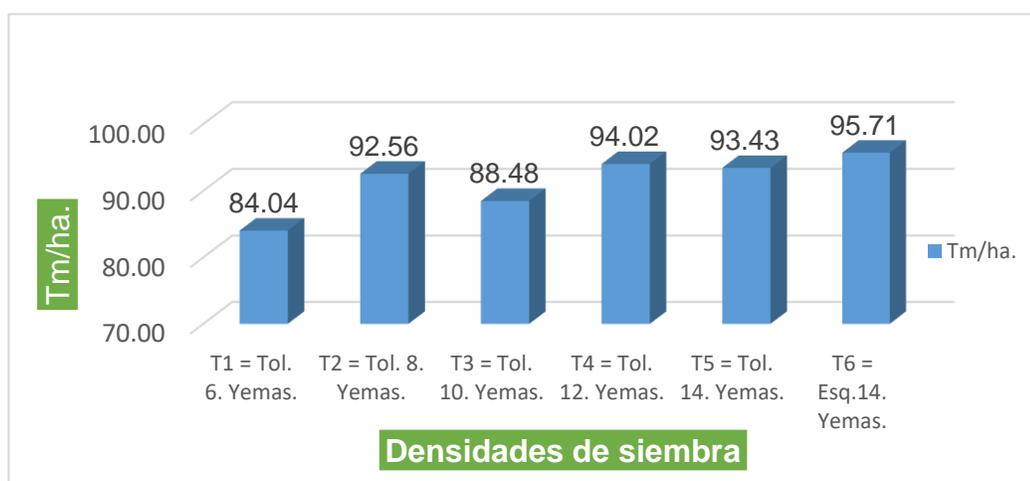


Figura 13: Media de los tratamientos en toneladas métricas/ hectárea.

En la figura 13 se puede apreciar que el tratamiento que obtuvo mayor producción en tm/ha fue el tratamiento T6 (14 yemas por metro lineal con esquejes), seguido del tratamiento T4 (12 yemas por metro lineal con toletes) y T5 (14 yemas por metro lineal). Esto demuestra que a mayor densidad de siembra siempre se obtendrán mejores resultados en tm/ha.

Realizando el análisis de varianza para la variable tm/ha se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en el cuadro seis.

**Cuadro 6: Análisis de varianza para la variable tm/ha.**

<b>Análisis de la varianza</b>						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
Tm/Ha.	24	0.56	0.33	6.03		
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	590.34	8	73.79	2.43	0.0659	
BLOQUES O REPETICION	215.76	3	71.92	2.37	0.1117	
TRATAMIENTOS	374.58	5	74.92	2.47	0.0804	
Error	455.61	15	30.37			
Total	1045.95	23				

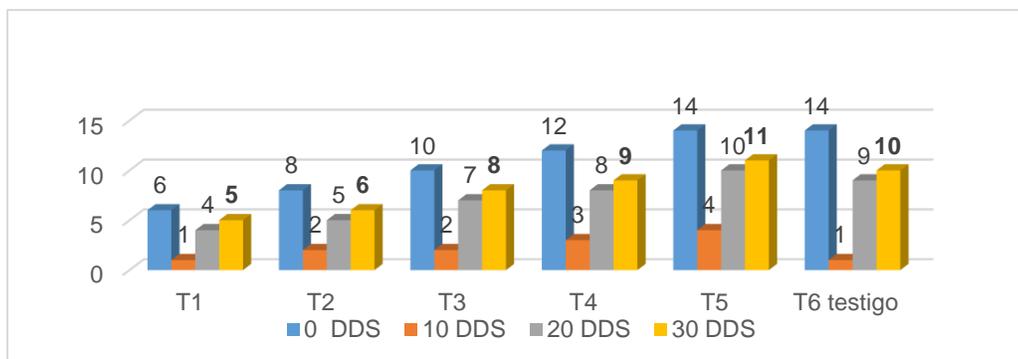
**Fuente: Infostat. 2018.**

Los resultados del cuadro seis indican que aunque existan diferencias entre tratamientos a nivel de la variable tm/ha en un rango hasta de 11.67 tm/ha (valor mayor menos valor menor); no existe diferencia significativa entre tratamientos al 5% de significancia.

Se obtuvo un coeficiente de variación de 6.03% es un indicador de que el experimento fue bien manejado en el campo.

## **2. Variable % de germinación**

Para determinar la variable % de germinación en cada tratamiento, fue necesario tomar el número de tallos germinados por metro lineal a los 10, 20, y 30 días después de la siembra en cada punto de muestreo por tratamiento. Los resultados obtenidos de cada tratamiento se presentan en la figura 14.



**Figura 14: Germinación de tallos primarios por metro lineal.**

En la figura 14 se puede observar los datos de germinación a los 10, 20 y 30 días después de siembra. La variable evaluada se tomó de los resultados de germinación a los 30 días después de la siembra considerando este tiempo prudencial para que todas las yemas viables germinaran; estos datos fueron transformados a % de germinación y posterior a ello se transformaron utilizando arco seno para realizar un análisis de varianza, lo cual se presenta en los cuadro siete y ocho.

**Cuadro 7: Porcentaje de germinación de tallos primarios a los 30 DDS.**

DDS	T1	T2	T3	T4	T5	T6 testigo
10	23	20	21	21	26	5
20	65	69	68	65	72	67
30	81	76	78	73	81	73

**Cuadro 8: Análisis de varianza porcentaje de germinación a los 30 DDS.**

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
% Germinacion a 30 DDS	24	0.67	0.50	8.15		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1204.83	8	150.60	3.82	0.0122	
BLOQUES O REPETICION	912.33	3	304.11	7.72	0.0024	
TRATAMIENTOS	292.50	5	58.50	1.48	0.2529	
Error	591.17	15	39.41			
Total	1796.00	23				

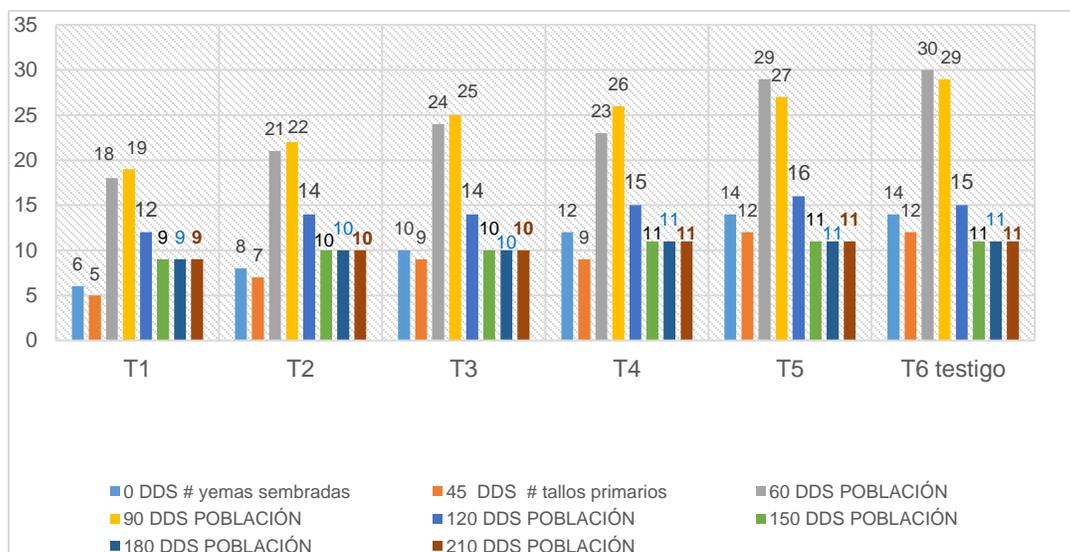
Fuente: Infostat. 2018.

En el análisis de varianza realizado para la variable % de germinación a los 30 días después de la siembra presentado en el cuadro ocho, se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre tratamientos, lo cual permite determinar que todos los tratamientos son iguales a un 5% de significancia.

El coeficiente de variación (8.15%) para esta variable indica que el ensayo fue bien manejado en el campo.

### 3. Variable número de tallos por metro lineal.

Para la variable número de tallos por metro lineal tomada a diferentes edades de la plantación presentada en la figura 15, se puede observar que todos los tratamientos tuvieron un incremento en esta variable hasta los noventa días; a partir de esta edad el número de tallos fue decreciendo hasta estar en rango de 9 – 11 tallos por metro lineal para todos los tratamientos a la edad de 210 días después de siembra.



**Figura 15: Población de tallos por metro lineal a diferentes edades.**

Según Soto, G; Orozco, H; y Ovalle, W. (1998.) la caña de azúcar es una planta que autorregula su población; al terminar la fase de germinación y establecimiento (40 días después de la germinación) el cultivo entra en la fase

de ahijamiento, que es el proceso fisiológico de ramificación subterránea que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario, los hijuelos que se forman primero dan origen a tallos más gruesos y pesados, los retoños (tallos llamados mamones) formados más tarde en la temporada mueren o se quedan cortos o inmaduros; a los 180 - 210 días, por lo menos el 50% de los tallos mueren y se determina la población final de tallos molederos.

Se tomaron los datos de los tratamientos a los 210 días después de siembra para realizar un análisis de varianza y los resultados se presentan en el cuadro 18 de anexos, datos tomados para el ANDEVA, el cual se presenta en el cuadro nueve.

**Cuadro 9: Análisis de varianza variable No. de tallos por metro lineal.**

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
POBLACION DE TALLOS	24	0.74	0.61	3.50	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.55	8	0.07	5.47	0.0024
BLOQUES O REPETICION	0.17	3	0.06	4.53	0.0189
TRATAMIENTOS	0.38	5	0.08	6.04	0.0030
Error	0.19	15	0.01		
Total	0.74	23			

**Fuente: Infostat. 2018.**

En el cuadro 9 se puede observar el análisis de varianza practicado a la variable respuesta número de tallos por metro lineal, indica una probabilidad (0.0030) a nivel de los tratamientos; esto permite aceptar la hipótesis alternativa la cual indicaba que al menos uno de los tratamientos es diferente con un 5% de significancia. Por ende fue necesario realizar una prueba comparativa múltiple de medias según criterio de Tukey al 5%, presentando los resultados en el cuadro 10.

**Cuadro 10: Prueba de Tukey de población de tallos por metro lineal.**

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.25782**  
**Error: 0.0126 gl: 15**

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T5 Tol. 14. Yemas.	3.35	4	0.06	A
T6 Esq.14. Yemas.	3.32	4	0.06	A
T4 Tol. 12. Yemas.	3.25	4	0.06	A
T3 Tol. 10. Yemas.	3.21	4	0.06	A B
T2 Tol. 8. Yemas.	3.12	4	0.06	A B
T1 Tol. 6. Yemas.	2.98	4	0.06	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Fuente: Infostat. 2018.**

En el cuadro 10 se logra apreciar que los tratamiento que tienen 8 o más yemas por metro lineal, pueden considerarse como iguales para esta variable (tallos por metro lineal); no así el tratamiento T1 que contaba con 6 yemas por metro lineal.

#### 4. Variables diámetro y altura de tallo

El diámetro se midió con un vernier a los 45 días después de la siembra, también a los 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días; al mismo tiempo fue medida la variable altura de tallo. En el cuadro 11 se presenta el análisis de varianza para la variable altura de tallo medida a los 210 días, debido a que en las primeras mediciones las diferencias fueron mínimas.

**Cuadro 11: Análisis de varianza variable altura de tallo.**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura de tallo (m)	24	0.35	0.00	4.33

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.11	8	0.01	0.99	0.4791
BLOQUES O REPETICION	0.03	3	0.01	0.67	0.5829
TRATAMIENTOS	0.08	5	0.02	1.19	0.3617
Error	0.21	15	0.01		
Total	0.32	23			

**Fuente: Infostat. 2018.**

En el cuadro 11 se observa que debido a que la probabilidad (0.3617) es mayor que 0.05 por tanto no hay diferencia significativa entre tratamientos. Por lo que los tratamientos son iguales en relación a la altura de tallos. Se obtuvo un coeficiente de variación de 4.33 %, lo cual significa que el experimento fue bien manejado en el campo.

Para la variable diámetro de tallos, también se le hizo análisis de varianza a las mediciones obtenidas a los 210 días después de la siembra; debido a que los datos obtenidos durante todo el ciclo, eran muy similares. Los resultados del análisis de varianza se presentan en el cuadro 12.

**Cuadro 12: Análisis de varianza variable diámetro de tallo.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diametro de tallo (cm)	24	0.44	0.15	3.93

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	0.10	8	0.01	1.50	0.2373	
BLOQUES O REPETICION	0.02	3	5.0E-03	0.60	0.6249	
TRATAMIENTOS	0.08	5	0.02	2.04	0.1308	
Error	0.13	15	0.01			
Total	0.23	23				

**Fuente: Infostat. 2018.**

En el cuadro 12 se puede apreciar que debido a que la probabilidad (0.1308) es mayor que 0.05 por tanto no hay diferencia significativa entre tratamientos; por lo que los tratamientos son iguales en relación a la variable diámetro de tallos.

Se obtuvo un coeficiente de variación de 3.93 %, aceptable para este tipo de ensayos, lo que significa que el experimento fue bien manejado en el campo.

## 5. Análisis económico

Luego de determinarse que en la mayoría de variables tomadas no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, se optó por realizar también un análisis económico para determinar que tratamiento presenta el mejor beneficio económico para el ingenio. Fue así como se presenta en el cuadro 13 los costos de producción para una hectárea cultivada con caña de azúcar.

**Cuadro 13: Costos de producción de una hectárea de caña de azúcar.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Precio Q.</b>
Rastra rompedora	323.113
Primer paso de arado cincel suelo franco	283.03
Primer paso rastro arado	316.282
Primer paso rastra pulidora	127.871
Surqueo	384.545
Fertilización manual fosforo en siembra	644.586
Riego aspersión convencional postcosecha	1557.5
Aplicación de herbicida preemergente con aguilón	515.319
Arranque caminadora	462.557
Parchoneo químico bejuco	424.954
Segunda aplicación herbicida presión constante	435.403
Fertilización mecánica	600.276
Aplicación de madurante	243.256
<b>TOTAL COSTO DE PRODUCCION (Q/ha)</b>	<b>6,318.692</b>

En el cuadro 13 se muestran todas las labores realizadas en el ensayo de densidades con sus respectivos costos por labor. El costo de producción total es de Q. 6,318.69 por hectárea.

Para determinar el beneficio económico de los tratamientos se calcularon los costos que varían para cada tratamiento. Estos costos están en función de la cantidad de semilla utilizada por hectárea en cada tratamiento. En el cuadro 14 se presenta el costo para una hectárea de cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 14: Cantidad (toneladas/ha) y costos de semilla.**

Tratamientos	tm de semilla/ha	Costo de semilla/ha (Q)	Disminución de costos/ha
			Respecto a T6 (14 yemas/ esquejes) (Q)
T1 6 Yemas con tolete	2.8	2994.31	1995.96
T2 8 Yemas con tolete	3.7	3421.87	1568.40
T3 10 Yemas con tolete	4.7	3849.42	1140.85
T4 12 Yemas con tolete	5.6	4276.98	713.29
T5 14 Yemas con tolete	6.5	4704.53	285.74
T6 14 Yemas esquejes	8.1	4990.27	0.00

En el cuadro 14 se muestran las toneladas métricas de semilla/ha que se usa para cada densidad de siembra evaluada. También se muestran los costos que varían de la semilla/ha, y la disminución de quetzales por tratamiento respecto al tratamiento testigo T6 (14 yemas / metro lineal con esquejes).

Si se utiliza el T2 (toletes utilizando 8 yemas) se reduciría el costo en semilla a Q. 1,568.40 por hectárea. La relación beneficio costo de los tratamientos evaluados se presenta en el cuadro 15.

**Cuadro 15: Relación de beneficio - costo de los tratamientos.**

TRATAMIENTOS	COSTOS/ TRATAMIENTO Q.	BENEFICIOS DE LOS TRATAMIENTOS Q.	RELACIÓN BENEFICIO/ COSTO
T1 Tol. 6. Yemas.	14512.278	18372	1.27
T2 Tol. 8. Yemas.	15515.455	20406	<b>1.32</b>
T3 Tol. 10. Yemas.	15688.311	19506	1.24
T4 Tol. 12. Yemas.	16461.693	20728	1.26
T5 Tol. 14. Yemas.	16852.459	20598	1.22
T6 Esq.14. Yemas.	17280.259	21100	1.22

En el cuadro 15 se observa que el tratamiento T2 (8 yemas con toletes) tiene una relación beneficio/costo de 1.32 siendo este el mejor, le sigue el tratamiento T1 (6 yemas con toletes) y el tratamiento T4 (12 yemas con toletes) con 1.27 y 1.26 de relación beneficio/costo respectivamente. El tratamiento

T5 (14 yemas con toletes) y el tratamiento testigo T6 (14 yemas con esquejes) tienen una relación beneficio costo de 1.22.

La rentabilidad para cada tratamiento se describe en el cuadro 16 siendo muy similar al comportamiento de la relación beneficio/costo. Como se están evaluando densidades utilizando toletes para caña comercial, el análisis incluye solo los costos totales de manejo y las producciones de caña de azúcar. El precio de la tonelada corta de caña de azúcar es de Q200.00 por tonelada.

**Cuadro 16. Rentabilidad de los tratamientos de densidades de siembra.**

TRATAMIENTO	PRODUCCION tm/ha.	PRODUCCION ton. cortas/ha.	PRECIO UNIT./TON	INGRESO TOTAL	COSTO TOT.	UTILIDAD TOT	RENTABILIDAD
T1	84.04	92.63	Q 200.00	Q 18,526.00	Q 14,512.28	Q 4,013.72	28%
T2	92.56	102.03	Q 200.00	Q 20,406.00	Q 15,515.46	Q 4,890.55	32%
T3	88.48	97.53	Q 200.00	Q 19,506.00	Q 15,688.31	Q 3,817.69	24%
T4	94.02	103.64	Q 200.00	Q 20,728.00	Q 16,461.69	Q 4,266.31	26%
T5	93.43	102.99	Q 200.00	Q 20,598.00	Q 16,852.46	Q 3,745.54	22%
T6	95.71	105.5	Q 200.00	Q 21,100.00	Q 17,280.26	Q 3,819.74	22%

Se puede apreciar en el cuadro 16 que el tratamiento que obtiene el mayor índice de rentabilidad con un 32%, es el tratamiento T2 (8 yemas/metro lineal con toletes). Le sigue en su orden el tratamiento T1 (6 yemas /metro lineal con toletes) con un índice de rentabilidad de 28%. Se puede concluir que los tratamientos con el mayor número de yemas por metro lineal pueden ofrecer producciones hasta 11.37 tm/ha más altos pero su rentabilidad es menor que los tratamientos con menor número de yemas / metro lineal con toletes.

## VII. CONCLUSIONES

1. Según resultados de la evaluación de densidades de siembra con toletes (6, 8, 10, 12 y 14 yemas/metro) no existe diferencia significativa al 5% para la variable rendimiento tm/ha, por lo cual se acepta la hipótesis nula que indica que todos los tratamientos son iguales.
2. Para las variables biométricas: % germinación tomada a los 30 días después de siembra; diámetro y altura de caña a los 210 días después de siembra; no hay diferencia significativa al 5% entre los tratamientos. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula planteada para estas variables, reflejando que las características que le dan la calidad a la semilla, no fueron afectadas por la densidad de siembra.
3. Para la variable respuesta número de tallos por metro lineal a los 210 días después de la siembra, los mejores tratamientos son todas las densidades por arriba de 8 yemas por metro lineal (T2, T3, T4, T5, T6). No así la densidad de 6 yemas por metro lineal (T1) que estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%; es de menor número de tallos por metro lineal reflejándose en la producción final en tm/ha de caña de azúcar.
4. Se determinó que el tratamiento T2 (8 yemas por metro lineal con toletes) fue el que presentó la mejor relación beneficio - costo con un índice de 1.32, una rentabilidad de 32% y una producción de 92.56 toneladas métricas por hectárea.
5. En el tratamiento T2 (8 yemas por metro lineal con tolete) utiliza 3.7 tm/ha de semilla para la siembra y el tratamiento T6 que fue el testigo que utiliza para la siembra 8.1 toneladas métricas de semilla/hectárea. Se evidenció que el Tratamiento T2 logra reducir 4.4 toneladas métricas de semilla por hectárea durante la siembra en relación al tratamiento T6 y logra reducir Q.1,568.40/ha en el costo de semilla; así mismo, el T2 ofrece una diferencia en el ingreso neto de Q 1,070.804/ha, siendo este el más económico para su incorporación y el de más alto beneficio económico.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Continuar la presente evaluación llevándola a un segundo corte, de plantilla a caña soca, para determinar el impacto de la densidad de siembra sobre las futuras producciones (tm/ha).
2. Utilizar el tratamiento T2 (8 yemas por metro lineal con toletes) en siembras de semilleros y para comercialización ya que se tiene una relación B/C de 1.32, lo que significa que por cada quetzal invertido, se estará recuperando la inversión y se obtendrá una ganancia de Q. 0.32. Así mismo, se logra una reducción de costos durante la siembra de Q. 1,568.40 de semilla por hectárea.
3. Realizar esta evaluación de densidades de siembra utilizando toletes en distintos estratos altitudinales, tipos de suelo, épocas de siembra, áreas sin riego y diferentes dosis de fertilización, para evaluar el comportamiento de los tratamientos de esta investigación y determinar si puede mejorar los rendimientos, en tm/ha con las diferentes condiciones ya mencionadas.

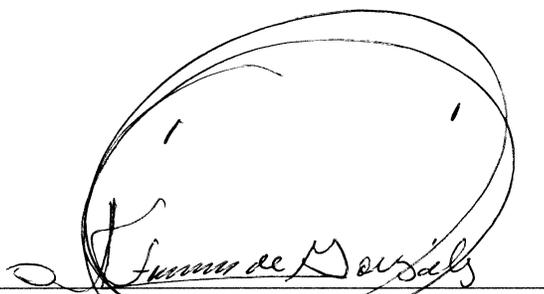
## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allen, R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo. *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma, ITA: FAO. (FAO riego y drenaje 56).
2. Barbieri, V. (1993). *Condicionamiento del clima el potencial de productividad de la caña de azúcar (Saccharum spp); una estimación de los modelos matemático-fisiológico*. (Tesis PhD.)Universidad de St. Paulo. Escuela de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, BR.
3. Benvenuti, F. A. (2005). *Relación del índice de vegetación espectral y la productividad de la caña de azúcar y el suelo atributos*. (Tesis MSc.), Universidad Estatal de Campinas. Facultad de Ingeniería Agrícola. Campinas, BR.
4. Calderón, G. (2003). Estudio agroindustrial de cuatro densidades de siembra con la variedad de caña de azúcar B76-259 cultivada en Turrialba. *In Congreso TACORI (15, 2003. CR)*. Universidad Estatal a Distancia. Guanacaste, CR.
5. CENGICAÑA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar) (2005). *Informe de resultados zafra 2005, memoria zafra 2004-2005*. Guatemala, GT.
6. CENGICAÑA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar) (2009). Estratificación de la zona cañera de Guatemala. *En: Informe Anual 2007-2008*. Guatemala, GT.: CENGICAÑA.

7. CENGICAÑA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). (2012). *El cultivo de la caña de azúcar*. Guatemala, GT.: CENGICAÑA.
8. CENGICAÑA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). (2017). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar*. Guatemala, GT.: CENGICAÑA.
9. CENGICAÑA. (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). (1995). *Control y características de la maduración en el cultivo de caña*, en la zona azucarera de Colombia. Cali, CO.
10. Fauconnier, R., Bassereau, D. (1975). *La caña de azúcar. Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Barcelona, ES.: Blume. 405.
11. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). (2000). *Mapa de zonas de vida, república de Guatemala*. Recuperado 7 marzo 2017, de [http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uee\\_infoagro/Info\\_mapas](http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uee_infoagro/Info_mapas)
12. Marroquín, L. O. S. (2014). *Uso de siete densidades de siembra de Caña de Azúcar (Saccharum Spp.), Variedad CP 88-1165*, En Finca Marinalá. Diagnóstico y Servicios, Realizados En Ingenio La Unión, S.A. Escuintla, GT.
13. Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O. y Espinosa, R. (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala, GT: CENGICAÑA.

14. Ovalle, E. y García, S. (2006). Efecto de la enfermedad del Raquitismo de las socas (*Leifsonia xyli* subs. *xyli*) en el rendimiento de caña de nueve variedades. Segunda soca. *En: Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2005-2006.* Guatemala, GT.: CENGICAÑA.
15. Orozco, H. (1995). *Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (Saccharum sp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades.* Escuintla, GT: CENGICAÑA. (Documento Técnico no. 6).
16. Simmons, Ch. S., Tárano T., J.M. y Pinto Z., J.H. (1959). *Clasificación de reconocimientos de los suelos de la República de Guatemala.* Trad. Pedro Tirado\_Sulsona. Guatemala, GT.: Edit. José de Pineda Ibarra.
17. Subiros, F. (1995). *El cultivo de la caña de azúcar (1ª ed.).* San José CR.: Edit: UNITED.

Vo.Bo.



Licda. Ana Teresa de González

Bibliotecaria.

CUNSUROC.



## **X. ANEXOS**

**Cuadro 17: Datos % de germinación a 30 DDS utilizados en gráficas y ANDEVA.**

TRATAMIENTOS	bloques				TOTAL	promedio
	I	II	III	IIII		
T1 Tol. 6. Yemas.	90	91	79	64	324	81
T2 Tol. 8. Yemas.	78	80	78	69	306	76
T3 Tol. 10. Yemas.	80	83	79	72	313	78
T4 Tol. 12. Yemas.	84	66	74	66	291	73
T5 Tol. 14. Yemas.	83	81	83	77	323	81
T6 Esq.14. Yemas.	77	83	80	51	291	73

**Cuadro 18: Datos población de tallos a 210 DDS utilizados en gráficas y ANDEVA.**

TRATAMIENTOS	bloques				TOTAL	promedio
	I	II	III	IIII		
T1 Tol. 6. Yemas.	9	10	10	8	35.60	9
T2 Tol. 8. Yemas.	10	11	9	9	38.80	10
T3 Tol. 10. Yemas.	11	10	11	10	41.20	10
T4 Tol. 12. Yemas.	12	11	10	9	42.33	11
T5 Tol. 14. Yemas.	12	12	10	11	44.87	11
T6 Esq.14. Yemas.	10	12	11	11	44.13	11

**Cuadro 19: Datos de altura de tallos en metros a 210 DDS utilizados en ANDEVA.**

TRATAMIENTOS	bloques				total	promedio
	I	II	III	IIII		
T1 Tol. 6. Yemas.	2.68	2.59	2.61	2.61	10.50	2.62
T2 Tol. 8. Yemas.	2.77	2.80	2.61	2.80	10.98	2.74
T3 Tol. 10. Yemas.	2.66	2.67	2.86	2.77	10.96	2.74
T4 Tol. 12. Yemas.	2.92	2.73	2.71	2.86	11.22	2.80
T5 Tol. 14. Yemas.	2.85	2.83	2.82	2.50	11.00	2.75
T6 Esq.14. Yemas.	2.80	2.97	2.80	2.60	11.18	2.79

**Cuadro 20: Datos de diámetro de tallos en cm a 210 DDS utilizados en ANDEVA.**

DIAMETRO	bloques				total	promedio
TRATAMIENTOS	I	II	III	IIII		
T1 Tol. 6. Yemas.	2.3	2.4	2.3	2.3	9.29	2.3
T2 Tol. 8. Yemas.	2.3	2.3	2.3	2.5	9.33	2.3
T3 Tol. 10. Yemas.	2.2	2.4	2.5	2.4	9.39	2.3
T4 Tol. 12. Yemas.	2.5	2.3	2.3	2.5	9.59	2.4
T5 Tol. 14. Yemas.	2.3	2.3	2.2	2.3	9.16	2.3
T6 Esq.14. Yemas.	2.2	2.2	2.3	2.2	8.95	2.2

**Cuadro 21: Datos de rendimiento de caña de azúcar en tm/ha utilizados en gráficas y ANDEVA.**

Tm/ha de caña de azúcar	bloques				total	%
TRATAMIENTOS	I	II	III	IIII		
T1 Tol. 6. Yemas.	91.80	72.56	83.47	88.31	336.15	84.04
T2 Tol. 8. Yemas.	93.37	94.39	88.31	94.16	370.24	92.56
T3 Tol. 10. Yemas.	92.02	78.64	94.95	88.31	353.92	88.48
T4 Tol. 12. Yemas.	95.74	89.21	96.07	95.06	376.09	94.02
T5 Tol. 14. Yemas.	103.39	94.84	90.67	84.82	373.72	93.43
T6 Esq.14. Yemas.	99.22	97.20	97.87	88.54	382.83	95.71

**Cuadro 22: Datos de rendimiento de azúcar en tm/ha utilizados en gráficas y ANDEVA.**

Tm/ha de azúcar	bloques				total	%
TRATAMIENTOS	I	II	III	IIII		
T1 Tol. 6. Yemas.	17.18	13.12	15.33	15.59	61.22	15.30
T2 Tol. 8. Yemas.	17.09	17.70	15.88	17.44	68.11	17.03
T3 Tol. 10. Yemas.	16.90	14.47	16.39	16.61	64.37	16.09
T4 Tol. 12. Yemas.	17.18	16.64	16.94	17.08	67.84	16.96
T5 Tol. 14. Yemas.	19.26	17.57	16.58	15.86	69.26	17.32
T6 Esq.14. Yemas.	18.11	18.32	17.42	16.19	70.04	17.51

**Cuadro 23: Producción de caña de azúcar por tratamiento.**

<b>Tratamientos</b>	<b>tm/ha.</b>	<b>Ton. Cortas/ha.</b>
T1 = Tol. 6. Yemas.	84.04	92.63
T2 = Tol. 8. Yemas.	92.56	102.03
T3 = Tol. 10. Yemas.	88.48	97.53
T4 = Tol. 12. Yemas.	94.02	103.64
T5 = Tol. 14. Yemas.	93.43	102.99
T6 = Esq.14. Yemas.	95.71	105.50

En cuadro 23 se presentan los resultados de producción en toneladas métricas y toneladas cortas utilizadas en el ingenio. También los resultados de rendimientos obtenidos de la investigación densidad de siembra utilizando toletes.

**Cuadro 24: Egresos, ingresos y beneficios netos del cultivo de caña por tratamiento.**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Costo total de producción (Q/ha) *</b>	<b>Producción (Ton/ha) **</b>	<b>Costo de producción (Q/ton)</b>	<b>Valor comercial (Q/ton)</b>	<b>Beneficio neto (Q/ton)</b>	<b>Total Ingresos (Q)</b>	<b>Total egresos (Q)</b>	<b>Beneficio neto del tratamiento (Q)</b>	<b>Beneficio neto derivado del T6 (Q)</b>
T1 Tol. 6. Yemas.	14512.278	91.86	157.983	200	42.017	18372	14512.278	3859.722	39.981
T2 Tol. 8. Yemas.	15515.455	102.03	152.068	200	47.932	20406	15515.455	4890.545	1070.804
T3 Tol. 10. Yemas.	15688.311	97.53	160.856	200	39.144	19506	15688.311	3817.689	-2.052
T4 Tol. 12. Yemas.	16461.693	103.64	158.835	200	41.165	20728	16461.693	4266.307	446.566
T5 Tol. 14. Yemas.	16852.459	102.99	163.632	200	36.368	20598	16852.459	3745.541	-74.200
T6 Esq.14. Yemas.	17280.259	105.5	163.794	200	36.206	21100	17280.259	3819.741	0.000

**Cuadro 25: Datos de producción de caña tm/ha obtenidas en bascula del Ingenio Palo Gordo.**

Cod. Finc	Finca	Repeticio	Lote	No. Parce	No. Ingres	Tipo Cort	No. Jaul	Camion	No. Envic	Tratamiento	Area	Tons/Jaul	Tons/Ha.	Tm/Ha.	FEC_RECÉ
SB003	LAS VARITAS - PG	1	304	101	26841	Granel	JD-4	C-215BLW	1441	Tol. 10. Yemas.	0.08064	8.18	101.44	92.02	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	1	304	102	26842	Granel	JD-1	C-659BFS	1442	Esq.14. Yemas.	0.08064	8.82	109.38	99.22	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	1	304	103	26848	Granel	JD-1	C-859BMR	1443	Tol. 8. Yemas.	0.08064	8.3	102.93	93.37	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	1	304	104	26846	Granel	JD-8	C-707BCQ	1444	Tol. 6. Yemas.	0.08064	8.16	101.19	91.80	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	1	304	105	26847	Granel	JD-2	C-883BPV	1445	Tol. 12. Yemas.	0.08064	8.51	105.53	95.74	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	1	304	106	26878	Granel	JD-8	C-707BCQ	1446	Tol. 14. Yemas.	0.08064	9.19	113.96	103.39	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	2	304	201	26881	Granel	JD-2	C-883BPV	1447	Tol. 8. Yemas.	0.08064	8.39	104.04	94.39	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	2	304	202	26982	Granel	JD-2	C-883BPV	1456	Tol. 14. Yemas.	0.08064	8.43	104.54	94.84	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	2	304	203	27003	Granel	JD-8	C-707BCQ	1457	Tol. 10. Yemas.	0.08064	6.99	86.68	78.64	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	2	304	204	27013	Granel	JD-2	C-883BPV	1458	Tol. 6. Yemas.	0.08064	6.45	79.99	72.56	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	2	304	205	27019	Granel	JD-1	C-859BMR	1459	Tol. 12. Yemas.	0.08064	7.93	98.34	89.21	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	2	304	206	27021	Granel	JD-1	C-586BJC	1460	Esq.14. Yemas.	0.08064	8.64	107.14	97.20	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	3	304	301	27022	Granel	JD-1	C-659BFS	1461	Tol. 6. Yemas.	0.08064	7.42	92.01	83.47	15/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	3	304	302	27131	Granel	JD-8	C-707BCQ	1478	Tol. 10. Yemas.	0.08064	8.44	104.66	94.95	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	3	304	303	27133	Granel	JD-2	C-883BPV	1479	Esq.14. Yemas.	0.08064	8.7	107.89	97.87	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	3	304	304	27223	Granel	JD-1	C-586BJC	1489	Tol. 8. Yemas.	0.08064	7.85	97.35	88.31	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	3	304	305	27246	Granel	JD-1	C-538BDD	1490	Tol. 12. Yemas.	0.08064	8.54	105.90	96.07	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	3	304	306	27253	Granel	JD-2	C-883BPV	1491	Tol. 14. Yemas.	0.08064	8.06	99.95	90.67	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	4	304	401	27258	Granel	JD-1	C-659BFS	1492	Tol. 10. Yemas.	0.08064	7.85	97.35	88.31	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	4	304	402	27259	Granel	JD-1	C-475BLZ	1493	Tol. 6. Yemas.	0.08064	7.6	94.25	85.50	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	4	304	403	27260	Granel	JD-8	C-707BCQ	1494	Tol. 8. Yemas.	0.08064	8.37	103.79	94.16	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	4	304	404	27331	Granel	JD-10	C-473BNK	1502	Tol. 12. Yemas.	0.08064	8.45	104.79	95.06	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	4	304	405	27330	Granel	JD-1	C-538BDD	1503	Esq.14. Yemas.	0.08064	7.87	97.59	88.54	16/02/2018
SB003	LAS VARITAS - PG	4	304	406	27362	Granel	JD-1	C-652BDD	1505	Tol. 14. Yemas.	0.08064	7.54	93.50	84.82	16/02/2018



**Figura 16: Preparación de surcos.**



**Figura 17: Medición para el trazo y estaquillado.**



**Figura 18: Corte de semilla (toletes) en el semillero comercial.**



**Figura 19: Cosecha del ensayo de campo de caña de azúcar en finca Las Varitas.**



**Figura 20: Chorras continuas de caña de azúcar del ensayo de campo.**



**Figura 22: Alce y transporte de caña de azúcar cosechada de la investigación.**



Centro Universitario de Sur Occidente  
CUNSUROC  
Apartado Postal 606  
Mazatenango Suchitepéquez

Mazatenango Suchitepéquez, Agosto de 2018

**Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos**  
**Coordinador de la carrera de Agronomía Tropical**  
**Centro Universitario de Sur Occidente**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Respetable Ing. Ruiz

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que cumpliendo con el nombramiento que nos fuera asignado, he procedido a supervisar y asesorar el trabajo de graduación del estudiante: José Angel Yotz Chicá, carné 201240528, el cual lleva el título **“EVALUACION DE SEIS DENSIDADES DE SIEMBRA CON TOLETES EN CAÑA DE AZUCAR *Saccharum officinarum*, EN FINCA LAS VARITAS, SAN BERNARDINO, SUCHITEPEQUEZ”**.

Luego del asesoramiento, supervisión y revisión del informe escrito, considero que el mismo llena los requisitos para continuar con los trámites correspondientes que rigen este centro universitario y firmo la presente dando fe de lo antes mencionado.

Sin nada más que agregar, me suscribo de su persona.

Atentamente:

---

**Ing. Agr. Víctor Hugo Ordoñez C.**  
**Supervisor, revisor**  
**Carrera de Agronomía Tropical**



Centro Universitario de Sur Occidente

CUNSUROC

Apartado Postal 606

Mazatenango Suchitepéquez

Mazatenango Suchitepéquez, Agosto de 2018

**Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano**  
**Director del Centro Universitario de Sur Occidente**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Respetable Dr. Guillermo Tello

Por medio de la presente, le informo que el estudiante: José Angel Yotz Chicá, carné 201240528, de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado **“EVALUACION DE SEIS DENSIDADES DE SIEMBRA CON TOLETES EN CAÑA DE AZUCAR *Saccharum officinarum*, EN FINCA LAS VARITAS, SAN BERNARDINO, SUCHITEPEQUEZ”**, el cual fue supervisado por el Ing. Agr. Víctor Hugo Ordoñez C., catedrático de la carrera de Agronomía Tropical.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante José Angel Yotz Chicá, ha cumplido con el normativo del trabajo de graduación, razón por la cual someto a su consideración el documento para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin nada más que agregar, me suscribo de usted.

Atentamente:



**Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos**  
**Coordinador de la carrera de Agronomía Tropical**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

## CUNSUROC/USAC-I-05-2018

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, dieciséis de octubre de dos mil dieciocho.\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE SEIS DENSIDADES DE SIEMBRA CON TOLETES EN CAÑA DE AZUCAR *Saccharum officinarum* EN FINCA LAS VARITAS, SAN BERNARDINO SUCHITEPÉQUEZ", del estudiante: **José Angel Yotz Chicá**, carné 201240528 CUI: 2302 95614 1001 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Dr. Guillermo Vinicio Tello  
Director



/gris