

**Contribución al análisis de parámetros agronómicos y agroindustriales de caña de azúcar *Saccharum officinarum* variedades CC 01-746 y CC 01-678.**

**Fredy Geovanni Cortes Prado**

**Víctor Hugo Vargas Martínez**

**Universidad Abierta y a Distancia – UNAD**

**Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente –**

**ECAPMA Programa de Agronomía**

**CEAD**

**Palmira 2019**

**Contribución al análisis de parámetros agronómicos y agroindustriales de caña de azúcar *Saccharum officinarum* variedades CC 01-746 y CC 01-678.**

**Fredy Geovanni Cortes Prado**

**Víctor Hugo Vargas Martínez**

**Trabajo de grado en la modalidad de “Proyecto  
Aplicado” Para optar al título de Agrónomo**

**Director**

**Milton Cesar Ararat**

**Orozco Ingeniero**

**Agrónomo. *PH. D.***

**Universidad Abierta y a Distancia – UNAD**

**Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente –**

**ECAPMA Programa de Agronomía**

**CEAD**

**Palmira 2019**

*Dedicatoria.*

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre y padre por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

**Víctor Hugo Vargas Martínez**

Este trabajo está dedicado a Doña Dayra y a Doña Kelly, dos estrellas que Dios puso en mi vida para que me cuiden, me guíen y me inspiren, que ni la muerte pudo apagar.

A mi esposa, hijas, hermanos, familiares y amigos, por acompañarme en cada paso impulsándome a cumplir este sueño de ser profesional.

**Fredy Geovanni Cortes Prado**

## **Agradecimientos**

Al creador de todas las cosas, quien nos ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer hemos estado; por ello, con toda la humildad que de nuestros corazones puede emanar, dedicamos primeramente nuestro trabajo a Dios.

De igual forma, honramos a nuestros padres con este trabajo, porque han sabido formarnos con nobles sentimientos, buenos hábitos y excelentes valores, sin los cuales no hubiéramos logrado salir adelante en los momentos más difíciles.

A nuestras familias, porque nos han brindado su apoyo incondicional en este camino a ser profesionales, compartiendo con nosotros buenos y malos momentos.

A nuestra alma máter, la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, a nuestros tutores María del Pilar Romero, María del Carmen Garcés y especialmente a nuestro Director Doctor Milton Ararat, por su orientación y compromiso.

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUCCIÓN .....	11
JUSTIFICACIÓN .....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo general.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. MARCO TEÓRICO .....	15
3.1 Generalidades del cultivo.....	15
3.2 Metodología de Cenicaña para la obtención de nuevas variedades. ...	16
3.3 Importancia de las nuevas variedades en la agroindustria de la caña.	16
3.4 Características botánicas de las variedades estudiadas.....	18
3.5 Evaluaciones agronómicas y agroindustriales .....	22
4. MATERIALES Y METODOS .....	23
4.1 FASE DE CAMPO.....	23
4.1.1 Ubicación.....	23
4.1.2 Distribución del ensayo .....	23
4.1.3 Lotes de observación .....	24
4.1.4 Variables de respuesta.....	25
4.1.5 Condiciones Edafoclimaticas.....	26
4.1.6 Acondicionamiento del terreno .....	28
4.1.7 Manejo agronómico.....	30
4.1.8 Medición de variables agronómicas .....	35
4.1.9 Cosecha .....	41
4.2 FASE AGROINDUSTRIAL.....	42
4.2.1 Muestras de precosecha en campo.....	42
4.2.2 Muestras en laboratorio de fábrica .....	43
4.3 ANALISIS DE DATOS.....	45
4.3.1 Matriz de Vester.....	45
4.3.2 Modelo Estadístico .....	45
5. RESULTADOS.....	46

5.1 Matriz de Vester .....	46
5.2 Resultado de evaluación agronómica .....	47
5.2.1 Balance Hídrico .....	47
5.2.2 Porcentaje de germinación .....	49
5.2.3 Capacidad de Macollamiento .....	50
5.2.4 Tallos por metro lineal. ....	51
5.2.5 Altura de tallos.....	52
5.2.6 Diámetro de tallos. ....	53
5.2.7 Incidencia de plagas.....	53
5.2.8 Incidencia de enfermedades .....	54
5.2.9 Toneladas por hectárea.....	55
5.3 Resultado de evaluación agroindustrial.....	56
5.3.1 Variables agroindustriales en campo.....	56
5.3.2 Variables agroindustriales en fábrica.....	57
6. CONCLUSIONES .....	59
7. RECOMENDACIONES.....	60
8. BIBLIOGRAFÍA.....	61
9. ANEXOS.....	66
Anexo 1. Climograma del ensayo .....	66
Anexo 2. Estadística descriptiva .....	68
Capacidad de Macollamiento .....	68
Tallos por metro lineal. ....	68
Altura de tallos.....	69
Diámetro de tallos. ....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los lotes.....	25
Tabla 2. Tipo de variable y momento de evaluación .....	25
Tabla 3. Interpretación de análisis de suelos. ....	27
Tabla 4. Tabla de herbicidas utilizados .....	33
Tabla 5. Mezcla de fertilizantes para el ensayo.....	35
Tabla 6. Informe de riegos aplicados en el ciclo de cultivo.....	48
Tabla 7. Resultados de sanidad vegetal.....	54
Tabla 8. Resultado de variables agroindustriales en fábrica .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedad CC 01-746.....	19
Figura 2. Variedad CC 01-678.....	20
Figura 3. Variedad CC 85-92.....	21
Figura 4. Ubicación geoespacial de la Hacienda El Recreo .....	23
Figura 5. Esquema de diseño y distribución de los lotes de observación.....	24
Figura 6. Levantamiento topográfico. ....	28
Figura 7. Nivelación y preparación del terreno .....	29
Figura 8. Siembra en cadena simple traslapada .....	31
Figura 9. Medición altura de tallos.....	37
Figura 10. Medición diámetro de tallos.....	38
Figura 11. Descripción de hojas según disposición.....	39
Figura 12. Graficacion de los problemas encontrados en la matriz de Vester.....	46
Figura 13. Grafica de balance hídrico.....	48
Figura 14. Porcentaje de germinación.....	49
Figura 15. Tallos por cepa.....	50
Figura 16. Tallos por metro lineal. ....	51
Figura 17. Altura de tallos.....	52
Figura 18. Diámetro de tallos. ....	53
Figura 19. Resultado de incidencia de plagas.....	53
Figura 20. Evaluación barrenadores del tallo .....	54
Figura 21. Toneladas de caña por hectárea.....	55
Figura 22. Resultados de Índice de Madurez y Grados Brix .....	56
Figura 23. Sacarosa en mata (caña%).....	57
Figura 24. Toneladas de azúcar por hectárea y toneladas de azúcar por hectárea mes.....	58



## RESUMEN

El proyecto busca caracterizar el comportamiento agronómico y agroindustrial de dos (2) variedades de caña de azúcar para un ambiente semi seco desarrolladas por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia – Cenicaña, las variedades CC 01-746 y CC 01-678 las cuales se encuentran en fase semi-comercial y hasta el momento han presentado buenos comportamientos productivos entre las nuevas variedades para ambiente semiseco; el proyecto se llevara a cabo en la Hacienda El Recreo, jurisdicción del Municipio de Tuluá, Valle del Cauca, propiedad del Ingenio Carmelita S.A. El manejo agronómico se realizará de acuerdo a las necesidades del cultivo y las prácticas empleadas por el productor, usando métodos similares en cuanto a distancia de siembra, plan de fertilización, manejo fitosanitario y programación de riegos. Las variables agronómicas en la caracterización serán: porcentaje de germinación, macollamiento, altura de tallo, diámetro de tallos, población de tallos en metros lineales y toneladas de caña por hectárea; Como características agroindustriales se evaluará índice de madurez, grados brix, sacarosa en planta y las toneladas de azúcar por hectárea. Estos resultados permitirán contribuir a la evaluación de los parámetros agronómicos y agroindustriales de mayor interés para la industria azucarera en cuanto a la posible adopción tecnológica de las variedades CC 01-746 y CC 01-678 mediante el conocimiento de su potencial productivo. Este proyecto hace parte de las actividades del Semillero de Investigación en Producción Agropecuaria Sostenible (SIPAS) perteneciente al Grupo de Investigación: Producción Sostenible.

**Palabras claves:** Variedades promisorias, caña de azúcar, productividad, rendimiento.

## ABSTRACT

The project aims to characterize the behavior of agronomic and agroindustrial 2 varieties of sugarcane to a semi dry developed by the Research Center of Sugarcane Colombia - Cenicaña, varieties CC 01-746 and CC 01-678 which they are under semi-commercial and so far are considered to be among the most promising varieties for semi-dry environment; the project will take place at the Farm El Recreo, municipality of Tuluá, Valle del Cauca, owned by Ingenio Carmelita S.A. Agronomic management was made according to crop needs and practices employed by the producer, using similar methods in terms of planting distance, fertilization plan, phytosanitary management and irrigation scheduling. Agronomic characterization variables are: percentage of germination, sprouting, stem height, stem diameter, stem population in linear meters and tons of cane per hectare; agro-industrial characteristics as maturity index brix, sucrose and kills tons of sugar per hectare will be evaluated. These results will contribute to the evaluation of agronomic and agro-industrial parameters of interest for the sugar industry as to the possible adoption of technological varieties CC 01-746 and CC 01-678 through knowledge of their productive potential. This project is part of the activities of the Sustainable Agricultural Production Research Seedbed (SIPAS) belonging to the Research Group: Sustainable Production.

**Keywords:** promising varieties, sugarcane, productivity, yield.

## INTRODUCCIÓN

La agroindustria de la caña de azúcar es una de las más importantes de Colombia, con un área de más de 220 mil hectáreas cultivadas en 39 municipios, consciente de que la variedad juega un papel fundamental en el propósito de mejorar los rendimientos, aumentar la competitividad del sector y evitar problemas fitosanitarios, la industria azucarera colombiana invierte parte de sus recursos económicos, humanos y técnicos en obtener variedades con la mayor cantidad de características deseables para reemplazar a aquellas que empiezan a ser susceptibles a enfermedades o disminuyen su productividad en lo que se conoce como desgaste varietal. (González, 1995).

Desde 1981 el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia – CENICAÑA, entrega a los ingenios azucareros y cultivadores de caña sus variedades más promisorias, las cuales obtienen resultados sobresalientes en las pruebas realizadas en campo, con el fin de que estas variedades expresen todo su potencial llevadas a las condiciones reales de un cultivo comercial, buscando evaluar su comportamiento agronómico en los ambientes específicos para los que fueron desarrolladas.

En este trabajo se presentan los resultados de una evaluación agronómica y agroindustrial realizada a dos (2) variedades destacadas en los ensayos en ambiente semiseco, las variedades CC 01-746 y CC 01-678 las cuales fueron sembrada en la hacienda El Recreo del municipio de Tuluá, bajo las condiciones y el manejo de un cultivo comercial, observando y cuantificando las principales características de interés agro productivo como una contribución al manejo técnico del cultivo en busca de su adopción comercial, destacando que dichas actividades hacen parte del semillero de investigación en producción agropecuaria sostenible SIPAS de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

## JUSTIFICACIÓN

La industria de la caña de azúcar en Colombia es reconocida como la de mejores rendimientos a nivel mundial con una productividad por encima de las 15 toneladas de azúcar por hectárea, (CEPAL, 2002); gran parte de este éxito se debe al desarrollo de una estrategia que combina innovación e investigación, la industria dedica el 1% de sus ingresos a fomentar la investigación en entidades como CENICAÑA (Calero, 2018), la cual posee entre sus programas uno de los más exitosos métodos de propagación genética del continente (Agrobio, 2014), el programa de mejoramiento genético que desarrolla cada año un gran número de variedades, las cuales pasan por ensayos en invernaderos, experimentación en laboratorio y pruebas en campo, denominadas pruebas regionales, todo este proceso puede durar entre 9 y 9,5 años (Victoria, 2013) luego del cual llega la fase semi comercial, fase en la cual Cenicaña comparte con los ingenios azucareros sus materiales más promisorios con el fin de evaluar cuales cumplen con las exigencias agronómicas y de fábrica para ser propagados en los cultivos comerciales.

Uno de los objetivos principales que deben cumplir las variedades etiquetadas como promisorias es el de mejorar la productividad y la rentabilidad de los cultivos comerciales al expresar todo su potencial genético en las zonas agroclimáticas para las que fueron creadas, el ciclo de selección de una serie de experimentación incluye cuatro etapas de evaluación (estados I, II y III y prueba regional) luego de esta fase se entregan entre cuatro y cinco variedades a los ingenios para su multiplicación y evaluación en campo, cosecha y fabrica con el propósito de saber si cumplen las características de una variedad comercial (Viveros *et al.*, 2005), esta fase es denominada semi comercial, con los resultados obtenidos empiezan las primeras siembras de la variedad en lotes comerciales para su propagación en las zonas agroecológicas recomendadas, la selección correcta de una variedad para una zona agroecológica determinada es el inicio del éxito productivo, ya que los

errores en este sentido son costosos, difíciles de corregir y representan una pérdida grande en materia de productividad (Chaves, 1995). Por esta razón, realizar evaluaciones agronómicas y agroindustriales de las variedades promisorias es una necesidad en busca de resultados que aseguren su productividad y rentabilidad.

Esta información esta relacionada con el planteamiento de Ararat & Sanclemente (2015) en la cuales es mencionan el uso de sistemas de monitoreo y seguimiento para la implementación de agricultura específica por sitio.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Contribuir al estudio de parámetros agronómicos y agroindustriales de las variedades CC 01-746 y CC 01-678 en un ambiente semi seco del municipio de Tuluá – Valle del Cauca.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el comportamiento agronómico de variables de productividad (porcentaje de germinación, altura de tallo, grosor de tallo, tallos por metro lineal, toneladas por hectárea, estado fitosanitario) de las variedades CC 01-746 y CC 01-678 con respecto al testigo CC 85-92.
- Analizar el resultado de variables de tipo agroindustrial (grados brix, porcentaje de sacarosa, índice de madurez, toneladas de azúcar por hectárea) de las variedades CC 01-746 y CC 01-678 comparadas con la variedad de mejor rendimiento en la zona.
- Establecer un análisis de los resultados de las variables agronómicas y agroindustriales de las variedades CC 01-746 y CC 01-678 a través de la matriz de Vester para contribuir a la gestión técnica del cultivo.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Generalidades del cultivo.

Botánicamente, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las gramíneas (Poaceas), una de las familias más importantes del reino vegetal, tanto por su interés ecológico, como agrícola, ya que reúne a los cereales que conforman la dieta básica de gran parte de la humanidad el maíz, el sorgo, el trigo y el centeno; especies utilizadas para fermentaciones alcohólicas como la cebada o algunas usadas en la construcción como la guadua y el bambú. La caña de azúcar pertenece al género *Saccharum*, derivado del sánscrito *Sarkara*, que significa azúcar blanca, como un recuerdo de que la planta llegó desde la India hasta la región Mediterránea de Europa (SUGARCANE, 2017)

En el mundo los países que cultivan la caña de azúcar están entre la latitud 36.7° N y 31.0° S del Ecuador, extendiéndose desde regiones tropicales a subtropicales (G. Merino *et al.*, 2017) La caña de azúcar ocupa un área de 20,42 millones de hectáreas en todo el mundo, con una producción total de 1.333 millones de toneladas métricas (FAO, 2003). Del total de producción de azúcar blanca cristalizada a nivel mundial, aproximadamente el 70% proviene de la caña de azúcar y un 30% viene de la remolacha azucarera. La caña de azúcar es actualmente el cultivo agroalimentario más productivo del mundo. Cultivándose en más de 130 países en los 5 continentes, cubriendo un área superior a los 20 millones de hectáreas, lo que representa alrededor de 1.9% de la superficie total cultivada a nivel global (G. Merino *et al.*, 2017). En esta superficie se producen más de 1,800 millones de toneladas de caña de azúcar como materia prima, lo que le convierte en el cultivo con la tasa más alta de producción de biomasa total, aumentando su potencial económico por la diversidad de productos que pueden obtenerse gracias a su naturaleza química y bioquímica como materia prima de múltiples usos. (OCDE/FAO, 2017).

### **3.2 Metodología de Cenicaña para la obtención de nuevas variedades.**

En Colombia, el mejoramiento de la caña de azúcar es reciente, aunque las primeras investigaciones en el Valle del Cauca datan de la década de los treinta, esta solo se concentró en ensayos agronómicos con variedades importadas (Osorio, 1998), posteriormente se establecieron algunos convenios cooperativos con el ICA mediante el programa de caña de azúcar desarrollado en la Estación Experimental Palmira, obteniendo algunas variedades que no tuvieron trascendencia; hasta finales de la década de los 70 las variedades obtenidas en el país eran pocas y se identificaban bajo las siglas ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), MZC (Mayagüez Colombia) y MC (Manuelita Colombia), siendo la MZC 74-275 una de las más propagadas en la época.

En el año de 1979 con la creación del Centro de investigaciones de la Caña de Azúcar, se dio inicio a una nueva era en el mejoramiento genético, seleccionando las mejores características de las variedades cultivadas en ese momento, Cenicaña inicio la colección de materiales extranjeros (germoplasma) y de forma simultánea empezó la selección de las variedades que hoy conocemos con la sigla CC, Cenicaña Colombia, (Osorio Cadavid, 2007). Desde 1981 cada año se inicia un ciclo experimental en distintos ambientes, empezando con evaluaciones en laboratorios e invernaderos, seleccionando las variedades que iniciaran los estados I, II y III, para luego pasar a pruebas regionales en donde se evalúan en las zonas agroecológicas para las que fueron desarrolladas y por último la fase semi comercial donde son entregadas a los ingenios para su propagación y monitoreo, evaluando si cumplen con las características de una variedad comercial.

### **3.3 Importancia de las nuevas variedades en la agroindustria de la caña.**

La industria azucarera colombiana a diciembre de 2005 tenía sembrada el 58% del área con una sola variedad, la CC 85-92 (Viveros et al., 2005), desperdiciando en muchos casos el potencial de otras variedades con una mejor adaptación a determinadas zonas agroecológicas y creando un riesgo potencial ante cualquier



problema fitosanitario que presente la variedad. La variedad tiene un papel primordial en la capacidad productiva del cultivo, por la diversidad de condiciones de clima, suelo y manejo en cada región. A la hora de escoger el material a propagar en un cultivo comercial se deben seleccionar las variedades que, de acuerdo a la zona agroecológica, expresen mejor su potencial productivo de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas existentes.

El panorama económico actual de la industria ha hecho cambiar muchas de las condiciones del negocio pasando de privilegiar los altos rendimientos en toneladas de caña por hectárea (TCH) a buscar mayores rendimientos en sacarosa por planta. Según Sanclemente *et al.* (2015), en el nivel económico, la variable toneladas de azúcar por hectárea (TAH) es muy importante ya que de ella dependen en buena medida los ingresos monetarios del sector azucarero, lo que hace necesario identificar variedades que cumplan con estas dos características principalmente, haciendo más eficiente la producción de azúcar sin necesidad de altos TCH, con lo que se pueden reducir los costos de producción en el uso de agua y fertilizantes, así como los costos de corte, alce, transporte y molienda (González *et al.*, 1995), en las variedades catalogadas como promisorias predominan estos dos (2) elementos buen TCH y buen contenido de sacarosa por planta, características fundamentales para reducir los costos de producción y contribuir con la competitividad de la industria azucarera en el país.

Chaves, 1995; manifiesta que no existe una variedad ideal que pueda llenar todas las expectativas y necesidades de los productores, trabajadores de campo y la industria; por esta razón es necesario seguir los lineamientos de las nuevas tecnologías agrícolas que tienden a manejos distintos en cada zona, mediante la agricultura específica por sitios (APS) con prácticas agronómicas enfocadas y diseñadas para cada nicho agroecológico, una de las variables más importantes lo constituye el uso de variedades creadas para unidades edafoclimáticas especiales, en las cuales pueden expresar todo su potencial genético, respondiendo a las condiciones ambientales existentes.

### 3.4 Características botánicas de las variedades estudiadas

Botánicamente la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una planta angiosperma, monocotiledónea que pertenece a la familia de las gramíneas, sus características botánicas se utilizan fundamentalmente para fines de identificación varietal (Rivera, 2008), sin embargo, algunas características botánicas y morfológicas pueden relacionarse con su potencial agronómico, es así como, la distancia de los entrenudos puede indicar el número de yemas por tallo; el hábito de crecimiento nos da una idea de la tendencia al volcamiento, mientras que la presencia de cera puede estar relacionada con resistencia a la sequía por citar tres (3) ejemplos.

El éxito de un programa de hibridación depende de la selección de progenitores de valor comprobado, intentando que los caracteres más deseados del progenitor A y el progenitor B se crucen para la formación de nuevos individuos con alta producción de biomasa y sacarosa.

La nomenclatura de las variedades colombianas se designa con las letras CC, que significan Cenicaña Colombia, seguidas del año en que se inició la evaluación y la numeración restante se determina con base a los rangos asignados a cada progenie. A continuación, se describen las características botánicas y morfológicas de las variedades seleccionadas para realizar este ensayo.

- Variedad CC 01-746

Nomenclatura de la variedad:

CC Variedad desarrollada por Cenicaña Colombia.

2001 Año de selección.

746 Número asignado a la progenie

Progenitores

Madre MZC 74-275

Padre CP 82-1995



Figura 1. Variedad CC 01-746

Fuente: Vargas, 2018

### Características morfológicas

La planta es de deshoje fácil, de tallos gruesos con hábito de crecimiento levemente decumbente, su follaje es abundante; el entrenudo es de color morado. Su forma de crecimiento es curvado ligeramente en zigzag, posee una canal superficial en el lado de la yema, la yema es obovada<sup>1</sup>. Entrenudo constreñido, con longitud de 13 a 14 cm, Presencia de cera; Hoja grande, arqueada, de gran anchura. Yagua de color verde, con mucha pelusa, floración media.

- Variedad CC 01-678

#### Nomenclatura de la variedad:

CC Variedad desarrollada por Cenicaña Colombia.

2001 Año de selección.

678 Número correlativo de selección.

#### Progenitores

Madre CC 93-4076

Padre M 336 \* PR 980

<sup>1</sup>Obovada: Órgano vegetal que tiene la punta ensanchada.



Figura 2. Variedad CC 01-678

Fuente: Vargas, 2018

### Características Morfológicas

La planta posee un deshoje natural, su tallo es largo, levemente decumbente, con disposición de los entrenudos en zigzag suave. Entrenudo constreñido, con longitud de 10 a 11 cm, de color verde morado cuando no está expuesto al sol y verde amarillento cuando lo está, tiene poca cera y no tiene canal de yema. Yema ovalada, siempre sobrepasa el anillo de crecimiento. Hoja mediana, erecta, de anchura media. Yagua de color verde amarillento y con poca pelusa, aurícula lanceolada corta y simétrica. Floración nula.

- Variedad CC 85-92\_

#### Nomenclatura de la variedad:

CC Variedad desarrollada por Cenicaña Colombia.

1985 Año de selección.

92 Número correlativo de selección.

#### Progenitores

Madre Co 775

Padre CP 52-68



Figura 3. Variedad CC 85-92

Fuente: Cenicaña, 2013

### Características Morfológicas

Tallo largo, levemente decumbente, con disposición de los entrenudos en zigzag suave. Entrenudo cilíndrico, con longitud de 13 a 16 cm, de color morado cuando está expuesto al sol y cuando lo está, también puede notarse un color amarillo verdoso cuando está muy maduro, tiene mucha cera y no tiene canal de yema. Yema orbicular<sup>2</sup>, no sobrepasa el anillo de crecimiento. Hoja larga, ancha y erecta. Yagua de color verde con tintes morados y con poca pelusa, aurícula lanceolada y unilateral. Floración nula o escasa. (Victoria *et al.*, 2013).

<sup>2</sup> Orbicular: de contorno circular, redondo.

### **3.5 Evaluaciones agronómicas y agroindustriales**

Para reconocer las principales características agronómicas de las variedades estudiadas se deben analizar en campo las variables que incluyen parámetros de productividad y sanidad, para esto se tienen en cuenta el poder de germinación, la capacidad de macollamiento, altura y grosor de tallos, número de tallos en un metro lineal, tonelaje de caña por hectárea, tiempo óptimo de cosecha, incidencia de enfermedades y ataque de insectos como *Diatraea* o salivazo.

Para el análisis agroindustrial se deben tomar datos en campo a los 10 meses de la siembra muestreando tallos molinables para verificar índice de maduración, grados brix y sacarosa por mata, valores que se toman nuevamente en el laboratorio de fábrica después de la cosecha usando el jugo de la primera extracción para medir grados brix, sacarosa, pureza y azúcares reductores, datos con los cuales se pueden proyectar producción de azúcar o alcohol.

Estas evaluaciones proporcionaran los datos y herramientas para realizar el análisis productivo de cada variedad, sirviendo como punto de comparación entre los Cañicultores para estimular su adopción tecnológica y propagación.

## 4. MATERIALES Y METODOS

El proyecto aplicado contempla las fases de campo, para medir variables agronómicas asociadas a la productividad; y fase de fábrica para evaluar variables agroindustriales asociadas al rendimiento.

### 4.1 FASE DE CAMPO

#### 4.1.1 Ubicación.

El proyecto se desarrolló en la Hacienda El Recreo, ubicada en el municipio de Tuluá - Valle del Cauca, propiedad del Ingenio Carmelita S.A., en un área de 3,86 hectáreas, denominada como suerte 8-1, localizada geográficamente en las coordenadas 4°07'24.7" Latitud Norte y 76°12'14.2" Longitud Oeste, a una altitud de 980 m.s.n.m.



Figura 4. Ubicación geoespacial de la Hacienda El Recreo.

Fuente: Google Maps.

#### 4.1.2 Distribución del ensayo

Para desarrollar la evaluación se efectuó un diseño de siembra comercial, el cual consistió en conformar una suerte<sup>3</sup> dividida en 3 lotes o tablones, al utilizar este diseño por lotes se formaron parcelas homogéneas en las cuales comparar las variables de estudio, el área usada fue 3,86 hectáreas, divididas en 3 lotes,

<sup>3</sup> Suerte: Unidad parcelaria usada en el cultivo de caña, que tiene forma regular y está delimitada por callejones, canales o carreteras.

sembrando en cada lote 2 variedades semi comerciales de Cenicaña, la CC 01-746<sup>4</sup> y CC 01-678<sup>5</sup> y como testigo la variedad CC 85-92, la cual ha presentado muy buenos rendimientos en la región.

Con este diseño se obtuvieron 3 parcelas de observación. El ensayo fue montado de manera semi-comercial<sup>6</sup>, donde cada lote fue conformado por surcos con una distancia de 1.65 m entre sí, y las siguientes áreas por lotes, lote 1 (1,22 has), lote 2 (1,57 has) y lote 3 (1,07 has) para un área total de 38600 m<sup>2</sup>.

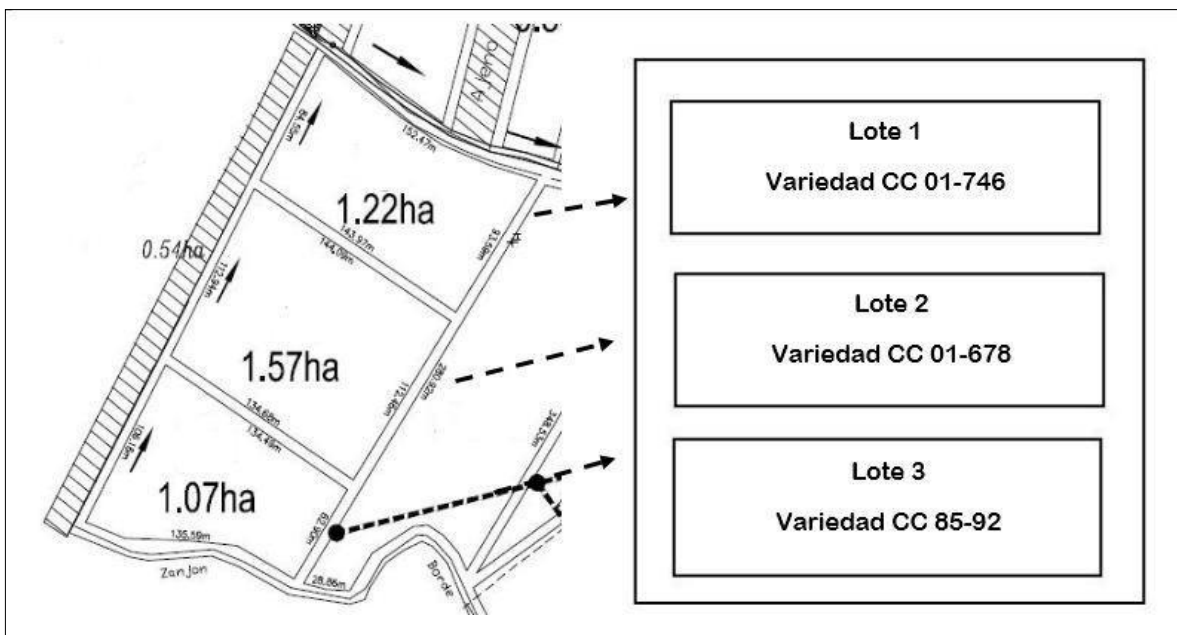


Figura 5. Esquema de diseño y distribución de los lotes de observación.

Fuente: Vargas, 2017.

#### 4.1.3 Lotes de observación.

Los lotes o parcelas de observación fueron sembrados con una sola variedad por lote, las variedades CC 01-746 en el lote 1, la variedad CC 01-678 en el lote 2 y la variedad CC 85-92 en el lote 3; a cada uno de los lotes se les dio el mismo manejo agronómico.

<sup>4</sup> CC 01-746: Variedad de caña producida por Cenicaña Colombia en el 2001.

<sup>5</sup> CC 01-678: Variedad de caña producida por Cenicaña Colombia en el 2001.

<sup>6</sup> Semi-comercial: Lote de caña sembrado con una variedad nueva menor a 10 hectáreas.



Tabla 1. Descripción de los lotes.

LOTE	VARIEDAD	AREA
Lote 1	CC 01-746	1,22 has
Lote 2	CC 01-678	1,57 has
Lote 3	CC 85-92 (Testigo)	1,07 has

#### 4.1.4 Variables de respuesta

Para reconocer las principales características agronómicas de las variedades estudiadas se tomaron datos en campo sobre las variables que indican parámetros de productividad y sanidad, para el análisis agroindustrial se tomaron datos en campo a los 10 meses de la siembra y después de la cosecha se tomaron muestras con el jugo de la primera extracción en el laboratorio de fábrica del Ingenio Carmelita S.A. para identificar otras variables de interés agroindustrial. Los tipos de variables analizadas, el nombre de cada variable y el momento de evaluación se describen a continuación:

Tabla 2. Tipo de variable y momento de evaluación.

Tipo	Variable	Momento de Evaluación
Agronómica	Porcentaje de germinación	45 dds <sup>7</sup>
	Macollamiento	60 dds
	Tallos por metro	270 dds
	Altura de tallo	270 dds
	Diámetro de tallos	270 dds
	Incidencia de enfermedades	180 y 300 dds
	Incidencia de plagas	60, 210 dds y postcosecha
	Toneladas x hectárea	Cosecha
	Índice de maduración	300 dds
	Grados brix	300 dds y postcosecha

<sup>7</sup> DDS: Días después de la siembra.

Agroindustrial	Sacarosa en mata	300 dds
	Azúcares reductores	Postcosecha
	Rendimiento	Postcosecha
	Azúcar por hectárea	Postcosecha

#### 4.1.5 Condiciones Edafoclimáticas

- Suelo

El ensayo se desarrolló en un suelo caracterizado como zona agroecológica 11 H1 de acuerdo a la zonificación realizada por Cenicaña (2011) para el Valle del Cauca, lo cual significa que el suelo pertenece al *Grupo homogéneo 11*, suelos de textura franca fina, bien drenados sin limitaciones aparentes para el desarrollo del cultivo, ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos y en napas de desborde de la llanura aluvial, los suelos no presentan limitaciones para su manejo y no justifican labores como la subsolada para su preparación ni para el levantamiento de socas. (Cenicaña, 2011) y se encuentra clasificado en el grupo de humedad H1, En este grupo se incluyen las áreas con exceso de humedad inferior a 200 mm/año y permeabilidad del suelo media a alta, así como aquellas áreas en donde, a pesar de presentar déficit de humedad, pueden ocurrir encharcamientos debido a la poca pendiente del terreno o por tener suelos de permeabilidad baja. En este grupo son convenientes la nivelación y el aporque, (Cenicaña, 2011).

- Temperatura

La temperatura media anual del sitio del ensayo oscila entre 26 y 30 grados centígrados, con una mínima de 21 °C y una máxima de 37 °C, con una radiación solar 475 cal/cm<sup>2</sup> en promedio y una humedad relativa de 77%. (RMA-Red Meteorológica Automatizada).

- Precipitación

De acuerdo a los datos proporcionados por el RMA, El histórico de precipitaciones de los últimos diez años en la zona arroja un volumen de 1160 mm en promedio por año. Para medir las precipitaciones y realizar el balance hídrico se tomaron datos de la estación Tuluá, perteneciente a la Red Meteorológica Automatizada del sector azucarero y del pluviómetro existente en la hacienda el cual se encuentra a un radio de 500 metros del sitio del ensayo. Con base en los datos consultados se realizó el climograma de la zona donde se estableció el cultivo. (Anexo 1).

- Características fisicoquímicas

Para determinar el estado de la fertilidad e identificar la capacidad productiva del sitio donde se desarrolló el ensayo fue necesario realizar un análisis de suelo con el objetivo de conocer la oferta disponible de nutrientes, debido a que, teniendo en cuenta la posible extracción o demanda del cultivo, se pueda efectuar un balance y establecer las cantidades a agregar como fertilizantes (SAGARPA, 2015).

A continuación, se muestran los resultados del análisis químico realizado al suelo y su interpretación según Quintero Duran (1995) de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo de caña.

Tabla 3. Interpretación de análisis de suelos.

ELEMENTO ANALIZADO	VALOR	REQUERIMIENTO DEL CULTIVO	INTERPRETACIÓN
pH	6,3	6,0 – 6,5	Ligeramente acido
Textura	FArL	Franco arcillosa	Franco Arcillo Limoso
Materia Orgánica (MO)	3,7 %	< 3	Contenido medio
Fosforo (P)	15,7	15	Adecuado
Potasio (K)	0,12	0.25	Bajo
Relación Ca:Mg	2,75	2,5 - 3	Relación ideal
Relación Mg:K	23,9	11,44	Deficiencia de Potasio
Relación Ca:K	65,7	31,52	Potasio Deficiente
Relación (Ca+Mg)/K	89,6	42,9	Deficiencia de Potasio
Relación K/Mg	0,4	0,2-0,3	Deficiencia de Potasio
C. I. C.	26,2	25 - 30	Suelo medio
Acidez Intercambiable	3,31	3.0	Valor recomendable

Fuente: Laboratorio suelos Cenicaña.

#### 4.1.6 Acondicionamiento del terreno

- Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó tomando el registro posicional y altitudinal del terreno con el objetivo de determinar su forma, tamaño y altimetría para diseñar la ubicación de cada lote, su área, infraestructura de riego, drenaje, vías internas, longitud y dirección de los surcos.



Figura 6. Levantamiento topográfico.

Fuente: Cortes, 2017.

- Nivelación y Preparación

Para la nivelación se empleó buldócer y motoniveladora efectuando cortes y rellenos dándole al terreno una pendiente no mayor al 3% para facilitar las labores de riego y drenaje. En la preparación se utilizó una secuencia de labranza primaria<sup>8</sup>, con el objetivo de picar el material vegetal existente en el lote e incorporarlo al suelo (Rodríguez & Valencia, 2015) la cual consistió en labores de destrucción de cepas, rastro arado, subsuelo y pulida; en la descepada se realizaron 2 pases con rastra

<sup>8</sup> Labranza primaria: Secuencia inicial de labores cuando se quiere renovar un lote o sembrar por primera vez.

pesada de 20 discos por 36 pulgadas a 20 cm de profundidad, para el subsuelo se realizaron 2 pases cruzados, el primero 45° en dirección del surco y el segundo paralelo a la dirección del surco con cincel a 40 cm de profundidad, en la pulida se realizó un pase de rastro arado de 32" x 20 discos y un pase de pulidor de 24" x 44 discos.



Figura 7. Nivelación y preparación del terreno.

Fuente: Cortes, 2017.

- Surcado

Para la labor de surcado se utilizó un equipo surcador<sup>9</sup> de 2 cuerpos con un tractor de 125 Hp, conformando las camas para acomodar los trozos de caña a una distancia de 1,65 m entre surcos, distancia similar a la distancia entre ruedas de los tractores existentes en el Ingenio Carmelita, la cual es usada para facilitar las labores mecánicas y de cosecha.

<sup>9</sup> Surcador: Implemento agrícola utilizado para la abertura de surcos.

#### **4.1.7 Manejo agronómico**

El mantenimiento y manejo agronómico del ensayo estuvo a cargo del administrador de la Hacienda El Recreo y personal de campo del Ingenio Carmelita S.A. de acuerdo a los lineamientos del jefe de agronomía para el levante de plantillas o renovaciones en tierras de control directo, con el fin de realizar un manejo lo más cercano al manejo comercial y obtener resultados reales y confiables.

- Siembra

La siembra se realizó el día 11 de septiembre de 2017, con semilla proveniente de un semillero semi comercial de primer corte con 8 meses de edad; esto se hizo debido a que, al utilizar semilla con edad de corte menor a 8,5 meses se aprovecha eficientemente todo el tallo como material propagativo, (Núñez & Cruz, 2010).

De acuerdo con Buenaventura (1990), la alta pureza de la variedad y la utilización de semilla libre de plagas, con yemas sanas, funcionales y de buen vigor ayuda a imponer una alta homogeneidad, necesaria para la idoneidad del experimento y el buen desarrollo de la plantación, por lo cual los semilleros usados tuvieron evaluaciones previas de fitosanidad y fueron sometidas a un tratamiento químico con una solución de Carboxim + Tiram (Vitavax® 3,0 g/L) aplicado con bomba de espalda para evitar la propagación de enfermedades.

La siembra se realizó de forma manual por medio de esquejes<sup>10</sup>, utilizando el sistema de paquetes, donde cada paquete estuvo conformado por 30 esquejes de 60 cm de largo, con un promedio de 4 yemas por esqueje en el caso de la variedad CC 01-746 y el testigo CC 8592, mientras que la variedad CC 01-678 presento un promedio de 5 yemas por esqueje. La distancia entre paquetes, conocida como bandereo, fue de 8 metros, lo que quiere decir que se distribuyeron 30 esquejes en 8 metros lineales en el fondo del surco usando la técnica de cadena simple

---

<sup>10</sup> Esqueje: Fragmento de tallo que se deposita en el suelo para reproducir la planta.

traslapada<sup>11</sup> superponiendo los últimos 5 cm del esqueje inicial con el siguiente, lo que nos dio una densidad de siembra de 757 paquetes por hectárea.



Figura 8. Siembra en cadena simple traslapada.

Fuente: Cortes, 2017.

La semilla se tapó de forma mecánica, cubriendo el material vegetativo con una capa de 5 cm de suelo aproximadamente, usando un tractor de 125 HP y un implemento agrícola denominado tapador<sup>12</sup> de caña plantilla, posteriormente este tapado se rectificó de forma manual con personal utilizando palas, buscando según la guía de calidad de labores en caña, corregir fallas en la cobertura de semilla y deshacer los terrones que se encontraran para evitar cámaras de aire que pudieran ocasionar el deterioro de las yemas (Ingenio Risaralda, 2006).

<sup>11</sup> Cadena simple traslapada: Esquejes colocados longitudinalmente uno tras otro.

<sup>12</sup> Tapador: Implemento agrícola que moviliza tierra de las orillas del surco hacia el centro.

- Riego

Al día siguiente de la siembra se realizó el riego de germinación, con el sistema de riego por ventanas, en el cual se transporta el agua por tuberías subterráneas y posteriormente es llevada a la superficie por medio de hidrantes y tuberías de PVC con compuertas o ventanas que entregan el agua en cada surco (Martínez, 2015). Este sistema fue seleccionado ya que aumenta el rendimiento del regador y disminuye las pérdidas de agua, a la vez que facilita el desplazamiento de las maquinas al eliminar una parte de las acequias por donde se riega. (Cruz V, 2011).

Posterior a la siembra se empezaron a tomar los datos de precipitación y evapotranspiración para el cálculo del balance hídrico definido según Cruz (2015) como la diferencia entre la oferta de agua en el predio y el requerimiento del cultivo en cada una de sus fases, esto con el fin de realizar una adecuada programación de los riegos en busca de eficiencia en el manejo del recurso hídrico.

- Manejo de arvenses

Para el manejo de arvenses se usó una estrategia que combino el control mecánico, con el control químico y el control cultural, buscando economía, viabilidad y menor impacto ambiental.

### Control Químico

Se realizó a los 8 días después de la siembra (dds) utilizando una mezcla Pre-emergente<sup>13</sup>, aplicada con bomba de espalda presurizada con una fórmula para controlar principalmente gramíneas como el coquito (*Cyperus rotundus*), caminadora (*Rottboelia exaltata*) y liendre puerco (*Echinochloa colonum*), y arvenses de hoja ancha como el frijolillo (*Phaseolus latiroydes*) antes del brote de los primeros tallos.

---

<sup>13</sup> Pre-emergente: Aplicación química para el control de arvenses en la fase de germinación de las semillas.



A los 60 días después de la siembra se aplicó una mezcla Pos-emergente<sup>14</sup> de herbicidas selectivos, dirigido a las arvenses de acuerdo a Gómez (1996) detectadas en el cultivo de caña de azúcar como altamente invasoras la liendre puerca (*Echinochloa colonum*) y el bleo (*Amaranthus spinosus*) y las medianamente invasoras coquito (*Cyperus rotundus*) caminadora (*Rottboelia exaltata*) y batatilla (*Ipomea sp.*).

Tabla 4. Tabla de herbicidas utilizados

Mezcla	Clase	Ingrediente activo	Nombre Comercial	Arvenses de control	Dosis Hectárea
Preemergente	Ametrina	Ametrina - Atrazina	Cascabel M	Gramíneas	5 litros
	Urea	Diuron	Karmex	Hoja ancha	3 kilos
	Coadyuvante	Alcohol etoxilado	Pegal pH		0,3 litros
Posemergente	Terbutrina	Ácido 2,4-D	Terbutrex 50 SC	Gramíneas	2 litros
	Piridina	Picloram	Ficloram SL	Hoja ancha	1 litro
	Sistémico	Ametrina	Ametrex	Gramíneas	1,5 kilos
	Sistémico -	Diuron	Karmex	Hoja ancha	3 kilos
	Coadyuvante	Alcohol etoxilado	Pegal pH		0,3 litros

Fuente: Elaboración propia

### Control Mecánico

El control mecánico de las arvenses se realizó con un tractor pequeño para minimizar la compactación, usando un implemento con vertederas a 20 centímetros de profundidad, ejecutando la labor denominada escarificada<sup>15</sup>, de esta forma se removieron aquellas arvenses que estaban creciendo en los entresurcos<sup>16</sup>, disminuyendo la competencia con las plántulas, esta labor se hizo a los 45 dds, tiempo en el cual la altura del cultivo aun permitía el ingreso de maquinaria. También

<sup>14</sup> Post-emergente: Aplicación química para el control de arvenses que ya han brotado y se encuentran en sus primeros ciclos.

<sup>15</sup> Escarificada: Acción de remover la capa superficial del suelo para airearlo y reducir la vegetación.

<sup>16</sup> Entresurcos: Espacio entre dos surcos de caña, denominado también calle.

se realizó control mecánico con guadaña al perímetro de los lotes, evitando el uso excesivo de herbicidas y propiciando la emergencia de coberturas nobles como pasto argentino (*Cynodon dactylon*).

### Control cultural

Seguido del control mecánico se realizó la labor denominada deshierba, ejecutada en forma manual con pala y machete, disminuyendo altura con machete a la parte aérea de las especies con ciclo de crecimiento anual para evitar que produzcan semilla (Gómez, 1996), y a pala aquellas especies perennes para erradicarlas o retardar su crecimiento, este control se repitió a los 90 dds, enfocándose solo en las arvenses de mayor altura, las cuales representaban competencia directa para el cultivo, ya que a esta edad el cultivo empieza producir sombra suficiente para mitigar el crecimiento de las arvenses de menor altura.

- Control de Plagas y enfermedades

Desde el momento de la germinación y hasta los 120 días después de la siembra se realizó monitoreo visual frecuente para detectar posibles daños producidos por insectos que pueden alcanzar altos niveles de población como el cogollero (*Spodoptera frugiperda*), barrenadores de tallo (*Diatrea spp.*) salivazo (*Aeneolamia varia*) y picudo (*Metamasius hemipterus sericeus*); o síntomas de alteraciones fisiológicas en el cultivo que pudieran indicar enfermedades como Virus de la Hoja Amarilla (SCYLV), roya café, roya naranja, Virus del Mosaico Común (SCMV, sigla en inglés), escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), cogollo retorcido o carbón (*Ustilago scitaminea*).

Adicional a esto a los 7 meses se tomaron muestras foliares de cada uno de los lotes del ensayo y se enviaron al laboratorio de Cenicaña para realizar diagnóstico de las principales enfermedades que afectan la caña de azúcar. También se realizaron muestreos de insectos plaga al momento de la cosecha para diagnosticar incidencia de blastobasis y cuantificación de daño por *Diatraea sp.* en los tallos cosechados.

- Fertilización

El fósforo es particularmente importante para el desarrollo radicular, crecimiento temprano de brotes, incremento de la productividad temprana y la extensión de los entrenudos, (Sagarpa, 2015); por esta razón se aplicó fosforo como abono pre siembra de forma manual localizada al fondo del surco en forma de fosfato diamónico (DAP) 18-46-0, en dosis de 150 kg/ ha., ya que el análisis de suelo arrojó bajo contenido de fosforo.

Posteriormente para nutrir el cultivo y mejorar las condiciones físicas del suelo se realizó fertilización mecánica fraccionada en dos aplicaciones de 186 kg/ha cada una a los 60 y 75 días después de la siembra; para calcular la mezcla a utilizar y su dosificación se tuvo en cuenta el análisis de suelo realizado previamente y se incorporó al cultivo la siguiente mezcla:

Tabla 5. Mezcla de fertilizantes para el ensayo

CONCEPTO	Unidad	Cant. /ha	Hectáreas	Cant. Total
Potasio soluble (K <sub>2</sub> O)	Kg	47,0	3,86	181,42
Urea (N)	Kg	173,9	3,86	671,25
Cloruro de Potasio (KCl)	Kg	78,3	3,86	302,23
Urea + KCl	Kg	68,9	3,86	266,13
Sulfato Ferroso (FeSO <sub>4</sub> )	Kg	3,0	3,86	11,58
Boro (B)	Kg	1,0	3,86	3,86
TOTAL, INSUMOS		372,19		1436,65

Fuente: Ingenio Carmelita S.A.

#### 4.1.8 Medición de variables agronómicas

Para tomar los datos de los parámetros agronómicos de interés se realizaron mediciones en cada uno de los lotes, evaluando porcentaje de germinación, tallos por metro lineal, macollamiento, altura de tallos, diámetro de tallos, incidencia de plagas y enfermedades. Los datos obtenidos en estos monitoreos se registraron en el correspondiente libro de campo y se utilizaron para posterior análisis.

- Porcentaje de germinación

La medición del porcentaje de germinación se realizó a los 45 DDS, se obtuvo dividiendo el número de yemas brotadas entre el número de yemas sembradas multiplicado por cien.

Tomando como parámetro el número de yemas identificado en cada variedad en una longitud de 8 metros iniciando la medición 5 metros hacia adentro para evitar el efecto borde<sup>17</sup>, realizando seis (6) repeticiones por tratamiento.

Para calcular el porcentaje de germinación (% g) se usó la siguiente fórmula:

$$\% g = \frac{\left( \frac{\text{Numero de yemas brotadas}}{8} \right)}{\text{Numero de yemas de la variedad}} \times 100$$

### Macollamiento

Para medir la capacidad de la planta para producir tallos o capacidad de macollamiento se realizaron evaluaciones a los 60 y 90 DDS, tomando 10 muestras por cada unidad experimental en sitios seleccionados al azar, contando el número de tallos emergidos de una misma cepa.

- Tallos por metro lineal

Esta medición se realizó a los 270 DDS, ya que la cantidad de tallos existentes a esa edad son considerados como los que llegaran a molienda. Para evaluar esta variable se realizaron 4 brechas en surcos definidos previamente, tomando 4 muestras por cada unidad experimental en los siguientes puntos: El punto (A) en el surco 10 a 25 m desde el borde, el punto (B) en el surco 20 a 50 m, el punto (C) en el surco 40 a 75 m dentro del surco y el punto (D) en el surco 80 a 100 m desde el borde del lote, cada punto de muestreo constó de 10 metros lineales donde se realizó el conteo de tallos molinables.

<sup>17</sup> Efecto borde: Diferencia de plantas de la parte perimetral con plantas de la parte central que puede causar sesgos en la información.

Para calcular la población de tallos por metro lineal (ptm) se usó la siguiente fórmula:

$$Ptm = \frac{\text{Poblacion de tallos en 10 metros}}{10 \text{ metros}}$$

- Altura de tallo

Esta medición se realizó a los 270 DDS, En las mismas brechas utilizadas para el conteo de tallos, escogiendo cinco plantas al azar dentro de los 10 metros lineales en los puntos ubicados anteriormente y tomando el tallo primario (tallo central) de cada cepa para medir su altura desde la base hasta la altura del primer anillo visible con la ayuda de un flexómetro, para un total de 20 tallos por unidad experimental como tamaño mínimo representativo.



Figura 9. Medición altura de tallos.

Fuente: Vargas, 2018

- Diámetro de tallos

Este muestreo también se realizó a los 270 DDS en los mismos tallos seleccionados en la evaluación de la altura, para esto se limpiaron las hojas que recubrían el tallo

a evaluar, y se procedió a realizar la medición del diámetro en la parte media de cada tallo, con la ayuda de un calibrador micrométrico<sup>18</sup> que se ubicó en dirección de la yema, justo en la parte media del entrenudo. Este dato se tomó en milímetros.



Figura 10. Medición diámetro de tallos.

Fuente: Vargas, 2018

- Incidencia de enfermedades

Para evaluar la incidencia de enfermedades se realizó un recorrido en forma de Z (zeta) por cada lote de observación a los 90 y 150 DDS, seleccionando y ubicando cuatro puntos de evaluación representativos, tratando de identificar visualmente alteraciones en las hojas o tallos de las plantas que pudieran significar indicios de una enfermedad; las evaluaciones visuales son instrumentos muy prácticos y sencillos que se utilizan con el objeto de describir con algún grado de exactitud, el efecto provocado por una enfermedad sobre su hospedero, (Chavarría, 2006),

---

<sup>18</sup> Calibrador micrométrico: instrumento de medición que sirve para valorar longitudes cortas con gran precisión.

Pasados 210 DDS se tomó una muestra de 20 hojas por cada unidad experimental de acuerdo al protocolo sugerido por Cenicaña para el diagnóstico de enfermedades en muestras de tejido foliar, las hojas seleccionadas fueron las hojas TVD<sup>19</sup> o primera hoja con lígula visible (+1) a las cuales se les cortaron 30 cm descartándose la sección basal y empacando el resto en bolsas de plástico con papel húmedo debidamente marcadas las cuales se enviaron al laboratorio de fitopatología de Cenicaña para su análisis.

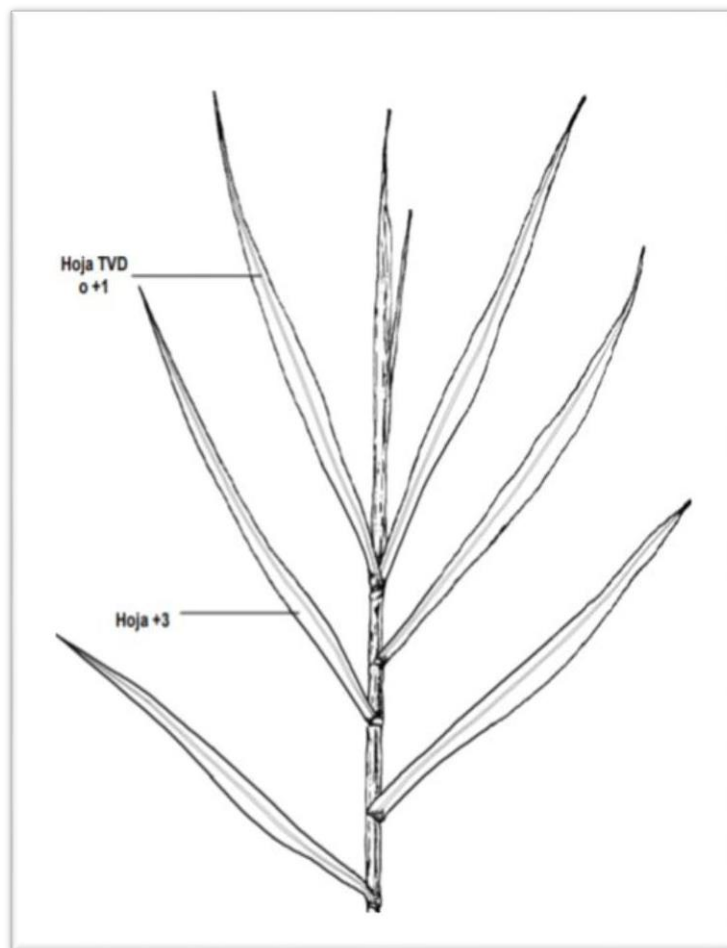


Figura 11. Descripción de hojas según disposición.

Fuente: Chavarría (2006)

<sup>19</sup> TVD: Top Visible Dewlap, sigla en inglés para designar la primera hoja con cuello visible.

- Incidencia de plagas

Para determinar la presencia de plagas en el cultivo se realizó un muestreo a los 60 y 180 DDS de acuerdo a la metodología sugerida por Vargas (2015) para evaluación del daño de barrenadores de la caña, consistente en evaluar los tallos existentes en un metro lineal iniciando por una esquina del lote y eligiendo el siguiente punto con un avance en forma de escalera, 10 surcos hacia un lado y 20 metros hacia adelante hasta salir al siguiente callejón repitiendo el modelo de selección hasta abarcar la mayor cantidad de área para completar 10 puntos de muestreo en cada lote de observación. En cada sitio seleccionado se revisó presencia de insectos adultos sacudiendo las hojas (chupadores principalmente) y evidencias de su actividad como huevos, saliva o defoliación. Para calcular la incidencia de la plaga por tallo en cada lote en estudio, se sumó el número total de adultos (A), el total de ninfas (N) y el total de tallos (T), luego se dividió adultos por tallo y ninfas por tallo encontrados en un metro lineal.

$$\% \text{ incidencia } A = \frac{\text{Total adultos}}{\text{Total tallos evaluados}} \times 100$$

$$\% \text{ incidencia } N = \frac{\text{Total ninfas}}{\text{Total tallos evaluados}} \times 100$$

La evaluación para insecto plaga *Diatraea sp.* y *blastobasis gramínea* se realizó al momento de la cosecha, antes del inicio del alce, recorriendo cada lote experimental de modo secuencial hasta completar 100 tallos por lote, contando el número de entrenudos en cada tallo evaluado y la cantidad de entrenudos barrenados. Con estos datos se puede cuantificar el porcentaje de infestación aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ infestacion} = \frac{\text{Total de entrenudos barrenados}}{\text{Total de entrenudos evaluados}} \times 100$$

Con base en los porcentajes obtenidos se determinó la intensidad de la infestación de las plagas evaluadas.



- Toneladas x hectárea

El rendimiento agronómico de caña de azúcar se evaluó en toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de caña por hectárea mes (TCHM), esta medida se obtuvo luego de la cosecha del ensayo. Para obtener los datos necesarios se sumó el total de caña ingresada a la báscula por cada uno de los lotes y se calculó el valor de cada ítem utilizando las siguientes formulas.

$$TCH = \frac{\text{Toneladas del lote (Ton)}}{\text{Area del lote (Ha)}}$$

$$TCHM = \frac{\text{Toneladas del lote (Ton)}}{\text{Edad del lote (meses)}}$$

#### 4.1.9 Cosecha

La cosecha del ensayo se realizó por el sistema de corte manual en verde, chorra de seis surcos y alce mecánico, transporte en tractomula<sup>20</sup> con canastas hasta la fábrica del ingenio Carmelita S.A. En la cosecha, se controló el corte por parcela y el alce de cada unidad experimental, se marcaron los vagones con guías diferenciadas y el pesaje se realizó en la báscula comercial del ingenio.

Cada lote de observación fue plenamente identificado antes del corte y alzado por separado para evitar confusiones a la hora del transporte, la caña obtenida de un lote o parcela no se juntó en la misma canasta de la tractomula con la caña procedente de otro lote de observación, de esta manera se aseguró un dato correcto y exacto a la hora del pesaje en la báscula del ingenio.

---

<sup>20</sup> Tractomula: Vehículo tipo camión de gran potencia para transportar vagones cañeros.

## **4.2 FASE AGROINDUSTRIAL**

### **4.2.1 Muestras de precosecha en campo**

- Indicé de madurez

Este índice informa del estado fisiológico de la planta, lo cual permite determinar el período óptimo de cosecha; para evaluar la maduración económica se tomaron muestras de precosecha a los 300 DDS, siguiendo el protocolo documentado por Mayagüez (2016), consistente en abrir una brecha en cada uno de los lotes a evaluar, escogiendo por observación el sitio más representativo para cortar a ras del suelo 10 cañas de diferentes cepas, sacándolos al callejón para luego macerarlos y extraer el jugo en un Beacker, del cual posteriormente se llenaron tarros plásticos rotulando cada muestra con el número de lote y la variedad para su envío al laboratorio. Los tarros fueron depositados en una nevera portátil para garantizar la conservación de las muestras.

- Concentración de sólidos solubles (Brix)

Este dato también se tomó a los 300 DDS, utilizando las mismas brechas que se hicieron para medir el índice de madurez, recolectando una muestra de 10 tallos por cada tratamiento o lote experimental, extrayendo jugo del tercer entrenudo basal<sup>21</sup> y del séptimo entrenudo apical<sup>22</sup> de cada tallo, con el uso de un refractómetro de mano se realizó la lectura del jugo, conociendo así la concentración de sólidos solubles de la parte basal y apical del tallo evaluado.

- Sacarosa en mata.

Para el muestreo de sacarosa en mata, realizado a los 300 DDS se seleccionaron y cortaron 10 tallos al azar dentro de cada parcela en las mismas brechas donde se tomaron los otros datos de precosecha, posteriormente la muestra fue llevada a un

<sup>21</sup> Basal: Relativo a la base o parte inferior.

<sup>22</sup> Apical: En las plantas, el extremo superior (o punta) de cualquier órgano externo.

molino experimental donde se extrajo el jugo de la caña para análisis en el laboratorio en un equipo NIR<sup>23</sup>. En este equipo se midió el Brix del jugo y por correlaciones del laboratorio, se estimó la concentración de sacarosa y su rendimiento, este último es el utilizado para calcular las toneladas de azúcar por tratamiento.

#### **4.2.2 Muestras en laboratorio de fábrica.**

Posterior al pesaje de cada tractomula estas se ubicaron en el patio de apronte del Ingenio Carmelita S.A. para organizar su orden de molienda de acuerdo a la programación del departamento de Elaboración. Durante el proceso de molienda se tomaron muestras cada hora del jugo de la primera extracción<sup>24</sup> por cada tratamiento, estas muestras fueron llevadas al laboratorio de fábrica para realizar el análisis fisicoquímico.

- Concentración de sólidos solubles (brix)

Del jugo de caña extraído en los molinos se tomó una muestra en un recipiente de 700 ml., la cual fue llevada al laboratorio donde se tomó una submuestra 200 ml en un Beacker, a la cual se le adicione Cal viva (CaO) y Sulfato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), se realizó un filtro manual con embudo y servilletas, para posteriormente leer en el polarímetro la Pol (sacarosa aparente) y Pureza.

Posteriormente se tomó otra submuestra de 50 ml en un Beacker, realizándole filtro manual con embudo y servilletas para leer en el refractómetro<sup>25</sup> el Brix y el pH.

<sup>23</sup> NIR: Técnica de Espectroscopia de Infrarrojo Cercano para análisis rápido de muestras.

<sup>24</sup> Primera extracción: Jugo extraído por las dos primeras masas de un molino.

<sup>25</sup> Refractómetro: Instrumento óptico de medición de densidades que funciona mediante la refracción de la luz.

- Azúcares reductores

La determinación de azúcar en jugo se realizó por el método de titulación<sup>26</sup>, una vez realizado se calculó el porcentaje de azúcares reductores utilizando una Tabla Sustancias Reductoras. Para ello se tomó el volumen total de jugo adicionado al realizar las actividades de titulación, más la muestra requerida para completar la titulación, la cual se interpola con el porcentaje de azúcares obtenido en la tabla para obtener el resultado de sacarosa real esperada.

- Rendimiento teórico

Este punto hace referencia al azúcar real que tiene el jugo analizado y se haya luego de multiplicar el dato de brix obtenido por 0,3 y restándole este valor al porcentaje de sacarosa usando la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento} = \% \text{ sacarosa} - (0,3 * \text{brix}) = \%$$

La determinación del rendimiento de fábrica se hace generalmente multiplicando el rendimiento teórico por un valor o factor que cada fábrica determina de acuerdo a su eficiencia. (Varón, 1990).

- Toneladas de azúcar por hectárea.

Las toneladas de azúcar por hectárea (TAH), se calculan multiplicando el TCH por el rendimiento y dividiéndolo por 100 de la siguiente forma:

$$TAH = \frac{TCH * \text{Rendimiento}}{100} =$$

---

<sup>26</sup> Titulación: Método de análisis químico que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo conocido.

## 4.3 ANALISIS DE DATOS

### 4.3.1 Matriz de Vester

Usando la matriz de Vester se identificaron y determinaron los factores que tienen mayor incidencia a la hora de decidir una renovación varietal, detectando la relación entre los parámetros hallados y su nivel de influencia con base a una calificación previamente asignada.

Tabla 6. Problemas para elaborar la matriz de Vester.

FACTORES PROBLEMATICOS DETECTADOS	
Bajos tonelajes de caña por hectárea.	Dificultades en los procesos de fabrica
Disminución en los rendimientos de azúcar.	Deterioro del cultivo en pocos ciclos
Ataque de plagas.	Características morfológicas indeseables
Alta dependencia de factores climáticos	Rentabilidad económica baja
Alta susceptibilidad a enfermedades.	

### CALIFICACION

- No es causa 0
- Es causa medianamente directa 2
- Es causa indirecta 1
- Es causa muy directa 3

Como metodología para asignar la calificación a cada variable se identificaron de acuerdo a criterio propio las variables que más inciden en los productores al momento de seleccionar una variedad específica para realizar la renovación de un cultivo de caña y de este modo poder determinar si las variedades estudiadas cumplen con las características para su adopción comercial.

### 4.3.2 Modelo Estadístico

Para el análisis estadístico de la información se tabularon en *Excel* los resultados obtenidos de los diferentes parámetros observados y mediante el uso de la estadística descriptiva se caracterizaron las variables agronómicas y agroindustriales, obteniendo una descripción numérica resumida (parámetros estadísticos) y unos gráficos descriptivos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Matriz de Vester

Se realizó la matriz de Vester de acuerdo a la metodología propuesta por Cuthbert (2015), clasificando los problemas según la calificación de causa y efecto entre cada uno de ellos, ubicándolos en un eje de coordenadas para conocer el cuadrante que le corresponde a cada factor problémico.

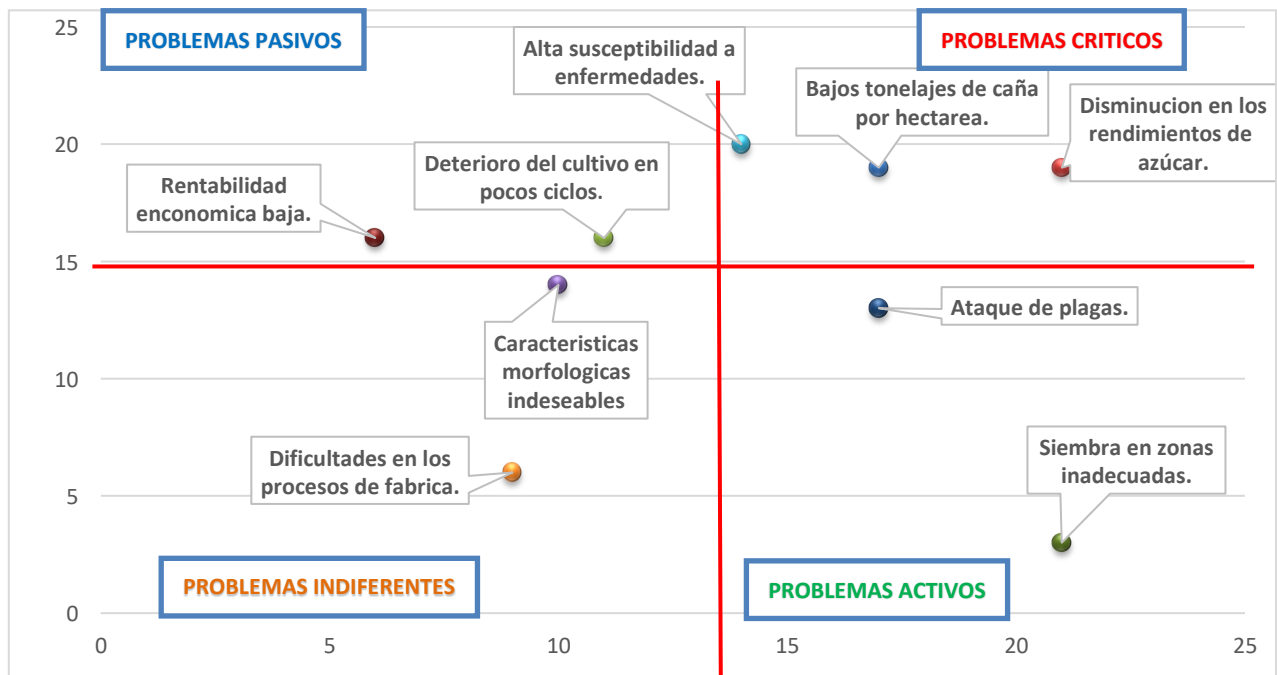


Figura 12. Grafica de los problemas encontrados en la matriz de Vester.

De acuerdo a la figura 22, En el cuadrante de los **problemas críticos**, se encuentran 3 factores problémicos a resolver, determinantes en el momento de una selección varietal:

- Disminución en los rendimientos de azúcar.
- Bajos tonelajes de caña por hectárea.
- Alta susceptibilidad a enfermedades.

En el cuadrante de los **problemas activos**, se encontró 2 factores problemáticos de alta influencia sobre la mayoría, pero que no son causados por otros:

- Siembra en zonas inadecuadas.
- Ataque de plagas.

En el cuadrante de los **problemas pasivos**, se muestra 2 factores problemáticos, sin alta influencia sobre los demás, pero causados por la mayoría.

- Deterioro del cultivo en pocos ciclos.
- Rentabilidad económica baja.

En el cuadrante de los problemas indiferentes, se ilustran 2 factores problemáticos de baja prioridad dentro de los analizados; ellos son:

- Características morfológicas indeseables.
- Dificultad en los procesos de fábrica.

Por lo tanto, las variedades estudiadas deben responder de manera satisfactoria a la solución de los 3 problemas críticos encontrados para ser una alternativa tenida en cuenta por los productores.

## **5.2 Resultado de evaluación agronómica.**

### **5.2.1 Balance Hídrico**

Las lluvias presentaron un comportamiento bimodal, con 2 periodos lluviosos y dos periodos secos; noviembre del 2017 fue el mes de mayor precipitación con 298 mm y el mes de menor precipitación fue febrero del 2018 con 43 mm. Las lluvias a lo largo del año presentaron un acumulado de 1345 mm y una evapotranspiración acumulada de 1933 mm, el acumulado de lluvia más el agua suministrada en los riegos sumaron 2111 mm, para una relación de lluvia sobre evapotranspiración de 1.09. (Ver figura 13).

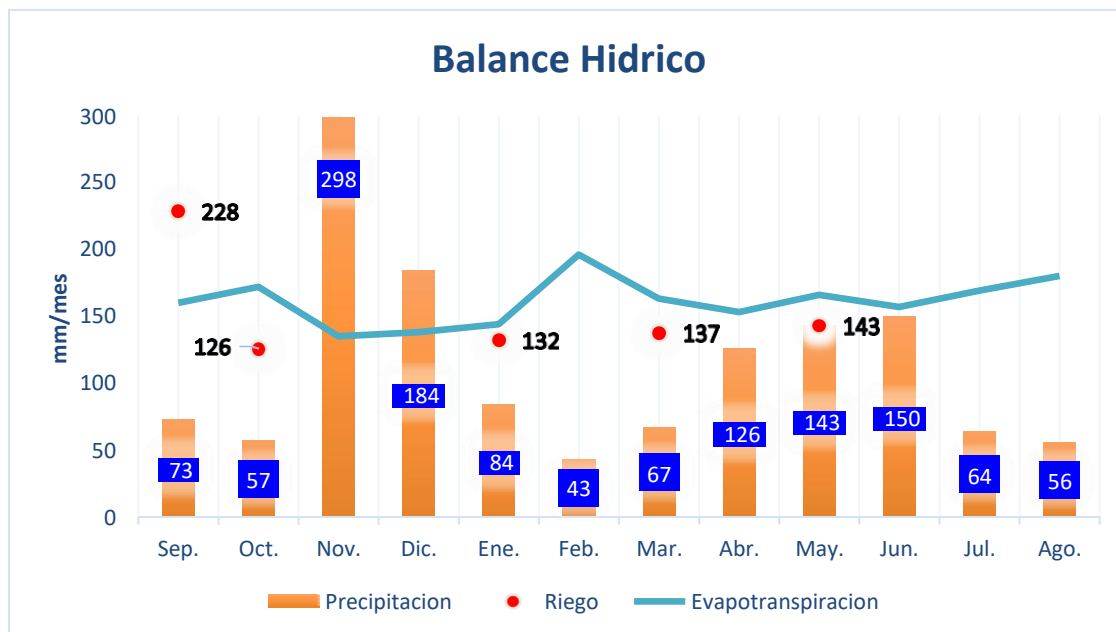


Figura 13. Grafica de balance hídrico.

Fuente: Elaboración propia.

Con base en el balance hídrico se identificaron los déficits de humedad y los excesos, compensando los déficits con riegos y evacuando los excesos con labores de drenaje; para cubrir los requerimientos del agua del cultivo y obtener buenos rendimientos los lotes de observación tuvieron 2 riegos durante la fase de germinación, 1 riego en la fase de macollamiento, 2 riegos en la fase de rápido crecimiento y 1 riego en la fase de maduración, las características de cada riego se describen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Informe de riegos aplicados en el ciclo de cultivo.

No. Riego	Fecha	Edad en días	Fase	Caudal aplicado
1	11 sep. 2017	1	Germinación	1106 m <sup>3</sup> /ha
2	26 sep. 2017	15	Germinación	1175 m <sup>3</sup> /ha
3	31 oct. 2017	50	Macollamiento	1257 m <sup>3</sup> /ha
4	17 ene. 2018	130	Rápido Crecimiento	1320 m <sup>3</sup> /ha
5	15 mar. 2018	220	Rápido Crecimiento	1373 m <sup>3</sup> /ha
6	04 jul. 2018	300	Maduración	1427 m <sup>3</sup> /ha

Fuente: Elaboración propia



### 5.2.2 Porcentaje de germinación

De acuerdo al catálogo de variedades de Cenicaña, la variedad CC 01-678 tiene una distancia de entrenudos promedio de 11 centímetros, (Victoria *et al.*, 2013) lo cual nos da un promedio de 8 yemas por metro lineal, en tanto que las variedades CC 01-7 46 y CC 8592 tienen una distancia de entrenudos de 14 centímetros, con este dato se puede calcular un promedio de 7 yemas por metro lineal.

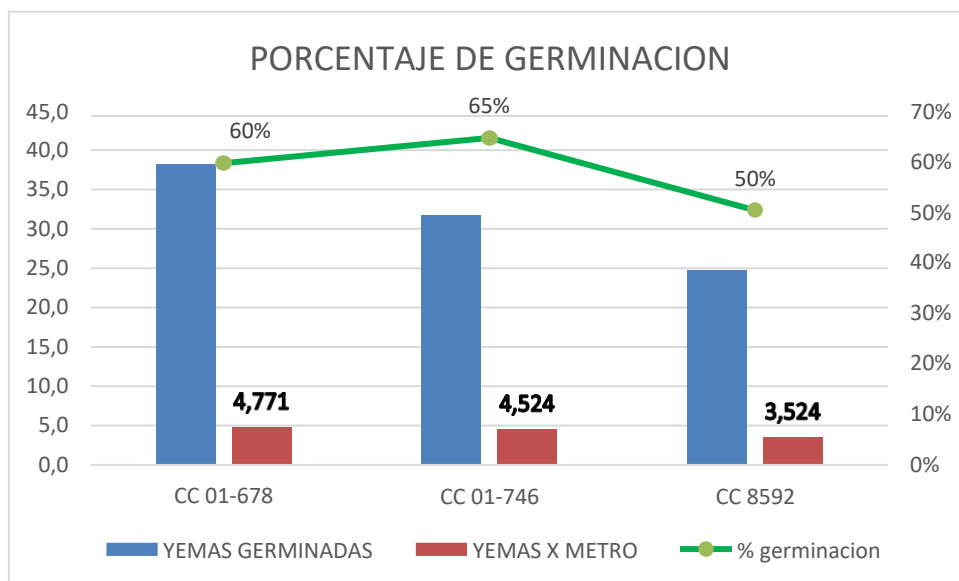


Figura 14. Porcentaje de germinación.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que las variedad CC 01-678 tuvo la mayor germinación a los 45 DDS con un promedio de 4,42 yemas por metro lineal, mientras que las variedades CC 01-746 y CC 8592 tuvieron 4,35 y 3,1 yemas por metro lineal respectivamente (figura 14); sin embargo el porcentaje de germinación de la variedad CC 01-746 fue mayor debido a que esta posee menor número de yemas por metro lineal presentando un porcentaje de germinación 62%, mientras la variedad CC 01-678 tuvo un porcentaje de 60% y la variedad CC 8592 alcanzo el 53% de yemas germinadas.

Estos son los valores usados en Ingenio Carmelita para calificar el porcentaje de germinación en siembras.

GERMINACION	
PORCENTAJE	CALIFICACION
Mayor a 60%	Excelente
50% a 59%	Muy buena
49% a 40%	Aceptable
Menor a 40%	Baja

### 5.2.3 Capacidad de Macollamiento

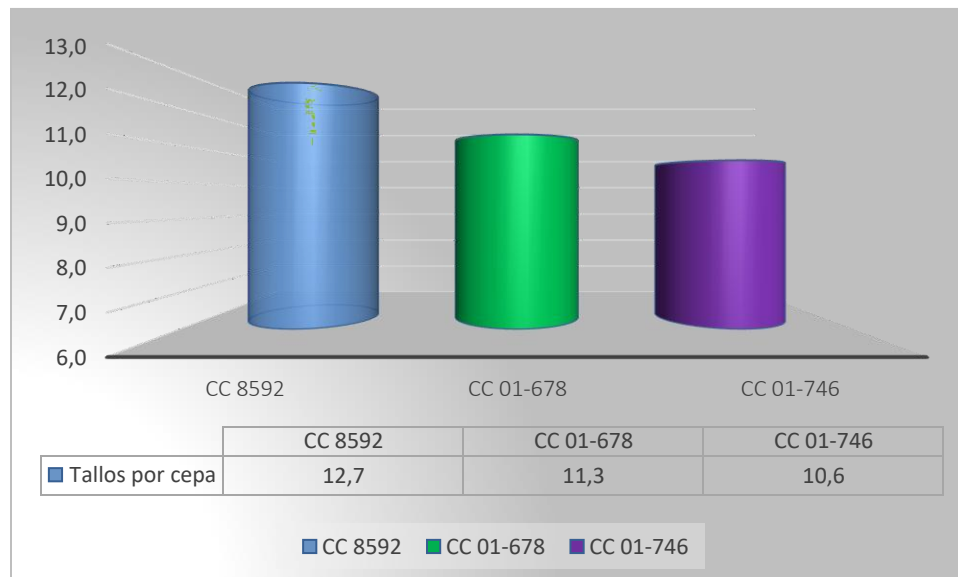


Figura 15. Tallos por cepa.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 15 muestra que a los 60 DDS la variedad de caña CC 8592 tuvo una muy buena capacidad de macollamiento con un promedio de 12,7 tallos por cepa, la variedad CC 01-678 mostro un promedio de 11,3 tallos por cepa, en tanto que la variedad CC 01-746 tuvo menos tallos por cepa con un promedio de 10,6 tallos por cada cepa evaluada. De acuerdo a lo hallado por Marasca *et al.* (2015), a mayor capacidad de macollamiento, mayor será el porcentaje de sobrevivencia, velocidad de crecimiento y potencial de producción.

### 5.2.4 Tallos por metro lineal.

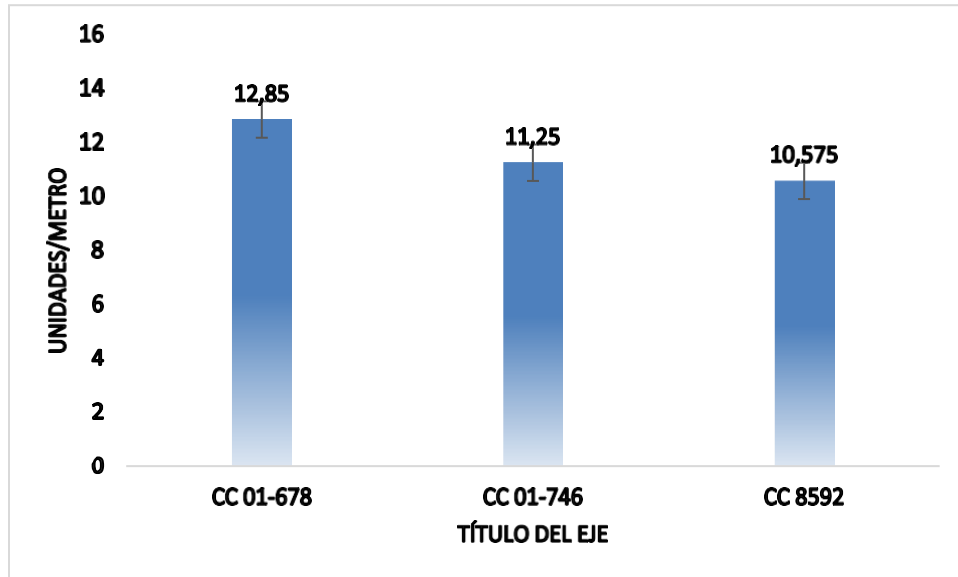


Figura 16. Tallos por metro lineal.

Fuente: Elaboración propia.

El departamento de agronomía del Ingenio Carmelita tiene como parámetro de calidad los siguientes rangos de clasificación en la variable de tallos por metro lineal.

TALLOS POR METRO LINEAL	
CANTIDAD	CALIFICACION
Mayor a 10,01	Alta
Entre 8,01 y 10	Media
Menor a 8	Baja

De acuerdo a la figura 16, todas las variedades mostraron un rango alto, destacándose la variedad CC 01-678 con 12,85 tallos por metro lineal, en comparación con los 11,25 tallos por metro lineal de la CC 01-746 y los 10,57 tallos por metro lineal de la CC 85-92.

Estos resultados concuerdan con los expuestos por Tique en 2015, el cual encontró una diferencia aritmética mayor al 10% en el número de tallos por metro lineal de la variedad CC 01-678 comparada con la variedad CC 85-92.

### 5.2.5 Altura de tallos.

Como parámetro de altura de tallo, el Ingenio Carmelita tiene como indicador de calidad los siguientes rangos de altura a los 270 días (9 Meses de edad):

ALTURA DE TALLOS	
ALTURA	CALIFICACION
Menor a 2 m.	Bajo
Entre 2,01 y 2,5 m.	Medio
Mayor a 2,5	Alto

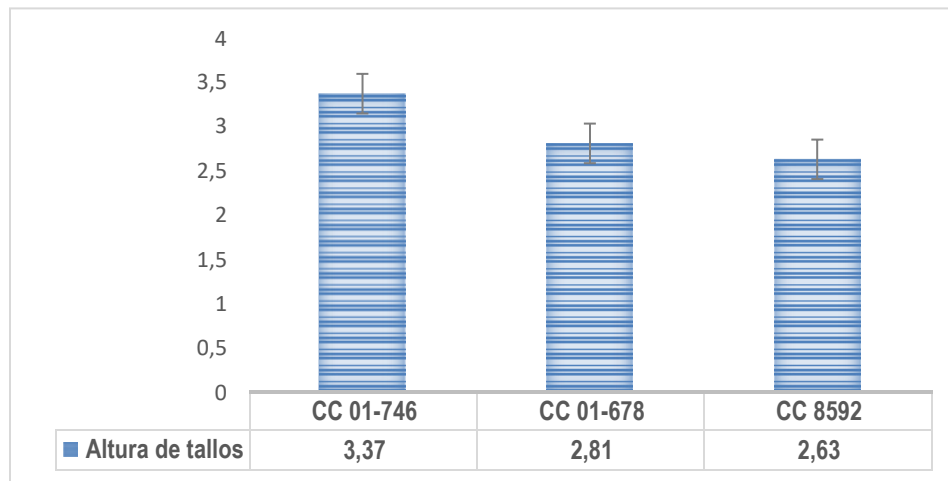


Figura 17. Altura de tallos.

Teniendo en cuenta los anteriores parámetros, observamos en la figura 17 que todas las variedades alcanzan una calificación alta, sobresaliendo la variedad CC 01-746 con 3,37 metros, seguida de la variedad CC 01-678 con 2,81 metros en promedio y la variedad CC 85-92 con 2,61 metros de altura.

### 5.2.6 Diámetro de tallos.

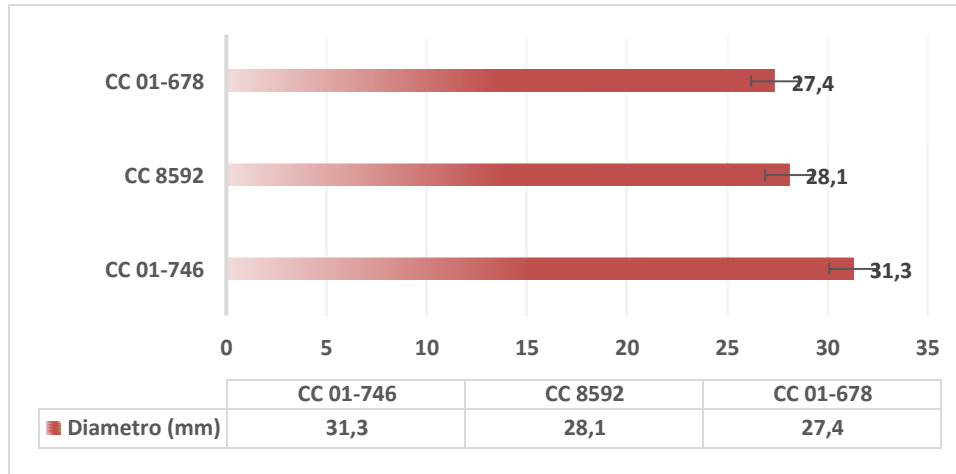


Figura 18. Diámetro de tallos.

El valor promedio hallado para el grosor de tallos, expresado como diámetro, fue de 28,9 milímetros (mm); con la variedad CC 01-746 por encima de este promedio con 31,3 mm de diámetro, la variedad CC 85-92 muy cerca a la media con 28,1 mm y por debajo del promedio hallado la variedad CC 01-678 con 27,4 mm, estos resultados difieren de los descritos por Victoria *et al*, (2013) donde caracterizaron el diámetro del tallo para las variedades CC 01-678 y CC 8592 por encima de 30 mm.

### 5.2.7 Incidencia de plagas

Insecto	Variedad	Tallos Evaluados	Insectos Hallados	%
Salivazo Adulto	CC 01-746	120	1	0,01%
Salivazo Ninfa	CC 01-746	120	0	0,00%
Cogollero ( <i>Spodoptera sp.</i> )	CC 01-746	120	5	0.04%
Salivazo Adulto	CC 01-678	100	0	0,00%
Salivazo Ninfa	CC 01-678	100	0	0,00%
Cogollero ( <i>Spodoptera sp.</i> )	CC 01-678	100	3	0,03%
Salivazo Adulto	CC 8592	110	0	0,00%
Salivazo Ninfa	CC 8592	110	0	0,00%
Cogollero ( <i>Spodoptera sp.</i> )	CC 8592	110	0	0,00%

Figura 19. Resultado de incidencia de plagas.

Los resultados de las evaluaciones realizadas para determinar incidencia de plagas muestran porcentajes con niveles mínimos, lo cual indica que las variedades mostraron un excelente comportamiento en cuanto al ataque de insectos. La intensidad de infestación por *Diatraea* sp. y *Blastobasis* indican porcentajes inferiores al 1% como lo muestra figura 20.

Insecto	Variedad	Tallos Evaluados	Entrenudos barrenados	%
<i>Diatraea</i> Spp	CC 01-746	511	30	0,06%
<i>Blastobasis</i>	CC 01-746	511	0	0,00%
<i>Diatraea</i> Spp	CC 01-678	499	42	0,08%
<i>Blastobasis</i>	CC 01-678	499	4	0,01%
<i>Diatraea</i> Spp	CC 8592	533	47	0,09%
<i>Blastobasis</i>	CC 8592	533	2	0,00%

Figura 20. Evaluación barrenadores del tallo.

### 5.2.8 Incidencia de enfermedades

Los resultados del análisis de enfermedades realizado en el laboratorio de Cenicaña mostro los siguientes resultados:

Tabla 8. Resultados de sanidad vegetal

VARIEDAD	Raquitismo (RSD)		Virus de la hoja amarilla (SCYLV)		Escaldadura de la hoja (LSD)	
	P	N	P	N	P	N
CC 01-678		X		X		X
CC 01-746		X		X		X
CC 8592		X		X		X
P: Positivo			N: Negativo			

Según la tabla 7, las variedades evaluadas mostraron resistencia a las enfermedades de mayor importancia económica en la agroindustria de la caña, característica fundamental para su multiplicación a nivel comercial.

Sin embargo, la variedad testigo CC 85-92 presento ataque de roya café (*Puccinia melanocephala*) en la evaluación visual realizada. De acuerdo a la escala de Purdy & Dean (1980) para la evaluación de roya café, por la severidad del daño se puede considerar la variedad como susceptible, coincidiendo con lo expuesto en la revista Agrónica (2013), donde se afirma que la variedad CC 85-92 registra un aumento en la infección por roya café.

### 5.2.9 Toneladas por hectárea.

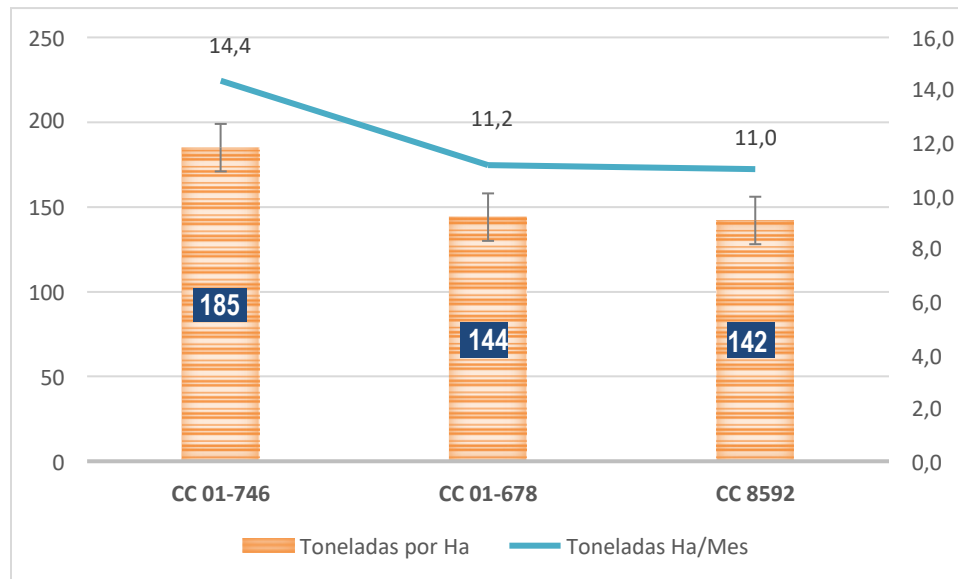


Figura 21. Toneladas de caña por hectárea.

La figura 21 muestra la producción de cada variedad medida en toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de caña por hectárea por cada mes de edad del cultivo (TCHM), en estos resultados se destacó visiblemente la variedad CC 01-746 con una producción de 185 TCH; en tanto que las variedades CC 01-678 y CC 85-92 tuvieron 144 y 142 TCH respectivamente, lo cual no muestra diferencia significativa entre ambas. Se evidencia que la variedad sobresaliente en largo y diámetro de tallos presento el mayor tonelaje, lo cual es consecuente con lo reportado por Viveros *et al.* (2014), quienes hallaron una alta correlación con el alto y el diámetro de tallo, confirmando que para lograr una alta producción de caña se requieren plantas altas y diámetro de tallo grueso.

### 5.3 Resultado de evaluación agroindustrial.

#### 5.3.1 Variables agroindustriales en campo

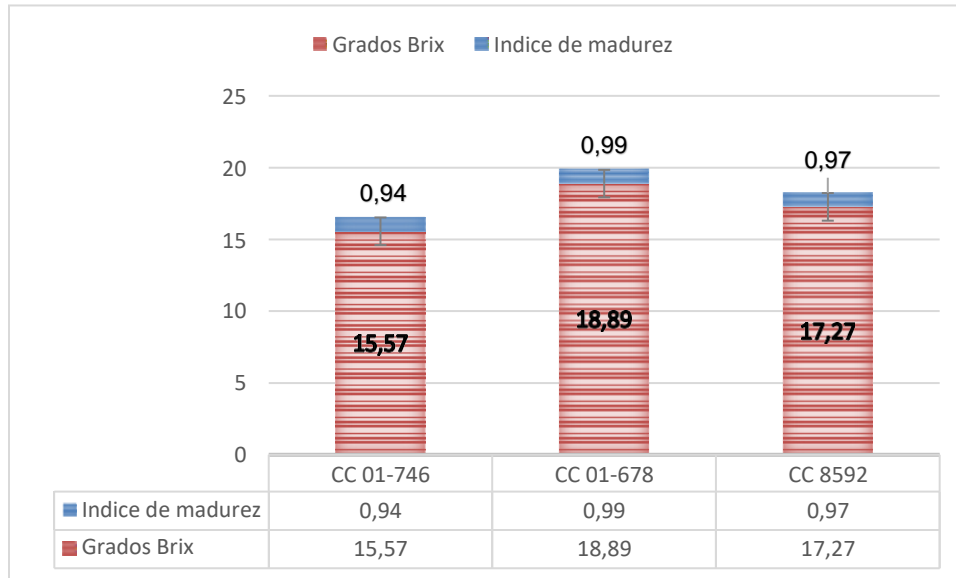


Figura 22. Resultados de Índice de Madurez y Grados Brix.

En la figura 22 se observa el valor de los azúcares presentes en los jugos de la caña expresados como grados brix, que fueron tomados en campo a los 10 meses del cultivo, estos datos arrojan el valor más alto para la variedad CC 01-678 con un registro de 18.89 ° Brix, seguida de la variedad testigo CC 85-92 con un valor de 17,27 ° Brix, mientras la variedad CC 01-746, registro un valor de 15,57 ° Brix; de la misma forma, la variedad más cercana al punto óptimo de madurez fisiológica, siendo 1 el valor óptimo, fue la variedad CC 01-678 con un índice de madurez de 0,99; en tanto que la variedad CC 85-92 registro un valor de 0,97 y la variedad CC 01-746 arrojó un valor de 0,94; se puede observar que la variedad de mejor tonelaje según la figura 21, la CC 01-746, obtiene los valores más bajos en cuanto a grados brix e índice de madurez, variables relacionadas con la producción de sacarosa, coincidiendo con lo hallado por Viveros *et al.* (2014) quienes afirman que la población de plantas presenta correlación negativa con sacarosa (%caña), lo que genera una limitante entre incremento de TCH y sacarosa.



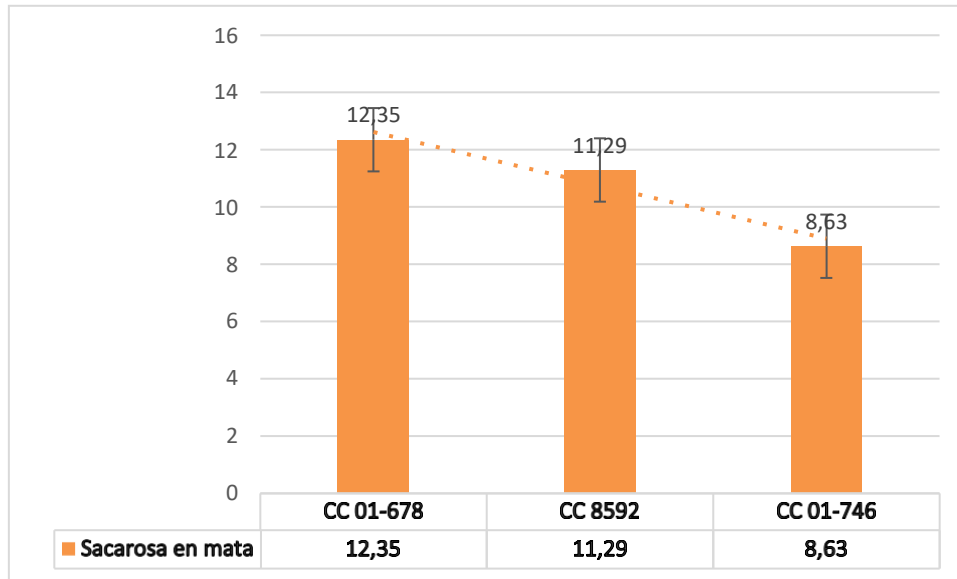


Figura 23. Sacarosa en mata (caña%).

Los valores de sacarosa en mata muestran el potencial azucarero de la variedad CC 01-678 que presenta un resultado de 12,35; seguida de la variedad CC 85-92 con un valor de 11,29 y por último la variedad CC 01-746 con un dato de 8,63. Estos resultados concuerdan con los hallados por Viveros (2009) donde la variedad CC 01-678 supero a la CC 85-92 en 8% en las evaluaciones realizadas por el programa de variedades de Cenicaña para la variable contenido de sacarosa.

### 5.3.2 Variables agroindustriales en fábrica

Tabla 9. Resultado de variables agroindustriales en fábrica.

Variedad	Edad (Meses)	Grados Brix (%)	Azucares reductores	Rendimiento (%)	TAH
CC 01-746	12,88	18,43	0,56	9,24	11,02
CC 01-678	12,88	24,30	0,49	12,40	14,2
CC 8592	12,88	20,27	0,5	10,34	11,75

En las mediciones realizadas en fábrica con el jugo de la primera extracción se destacó notablemente la variedad CC 01-678 ratificando su evidente potencial azucarero, como lo indica la tabla 9, ya que esta variedad registro 24,30 ° Brix, una presencia de azúcares reductores de 0,49 y un rendimiento de 12,4; la variedad testigo CC 85-92 tuvo un valor de 20,27 ° brix, valor de 0,5 en azúcares reductores y un rendimiento de 10,34; en tanto que la variedad CC 01-746 registro 18,43 ° Brix, una presencia de azúcares reductores de 0,56 y un rendimiento en fabrica de 9,24 kilos de azúcar por cada tonelada de caña molida.

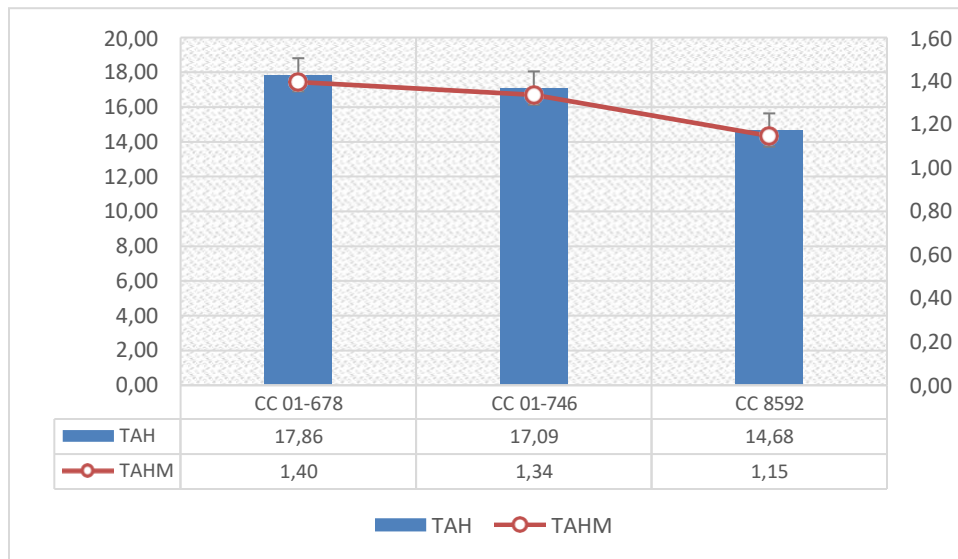


Figura 24. Toneladas de azúcar por hectárea y toneladas de azúcar por hectárea mes.

Con relación a las toneladas de azúcar por hectárea (TAH) las dos variedades de estudio CC 01-678 y CC 01-746 presentaron resultados muy similares en cuanto a la azúcar producida por cada hectárea cultivada, sin embargo, es destacable que la variedad CC 01-678 logro 17,86 TAH con un 22% menos de caña molida en comparación con la variedad CC 01-746 que registro 17,09 TAH, en tanto que la variedad testigo CC 85-92 estuvo por debajo en los resultados con 14,68 TAH como lo muestra la figura 24.

## 6. CONCLUSIONES

- Los resultados de estas evaluaciones muestran que las variedades de estudio CC 01-678 y CC 01-746 registraron valores por encima de los promedios registrados en ingenio Carmelita para las principales variables de interés agronómico y agroindustrial, toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH); superando la variedad testigo CC 85-92.
- Las variedades CC 01-678 y CC 01-746 cumplen con las características para un ambiente semi seco por su buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona, expresado en buen contenido de sacarosa, alta producción de caña de azúcar, además de la resistencia a las enfermedades de importancia económica en el sector cañicultor.
- De acuerdo a la interpretación de la matriz de Vester elaborada, las variedades estudiadas CC 01-678 y CC 01-746 ofrecen solución a los factores problemáticos que más inciden a la hora de decidir una renovación varietal, con buenos rendimientos de azúcar, tonelajes superiores al promedio y un excelente comportamiento fitosanitario.
- La industria azucarera colombiana cuenta con muy buenas opciones en cuanto a variedades se refiere, aspecto relevante en el propósito de diversidad varietal que se estimula al interior del sector, por esta razón, los productores juegan un papel importante ya que son quienes propiciarán la adopción de estas variedades en sus predios y para esto necesitan conocer las características agro productivas evaluadas en condiciones de un cultivo comercial.

## 7. RECOMENDACIONES

- Continuar con el seguimiento de las variedades estudiadas por una o dos cosechas más, debido a que el comportamiento de algunos cultivos de caña de azúcar puede variar sustancialmente entre una plantilla y una soca.
- El aumento en las áreas sembradas de las variedades estudiadas debe realizarse de manera gradual, siguiendo todas las recomendaciones técnicas de CENICAÑA en cuanto a condiciones ambientales, edáficas, manejo de riegos y plan de nutrición, de esta forma se puede explotar todo su potencial productivo, aportando significativamente al proceso de adopción comercial de estas variedades.
- Es importante que se generen estrategias de divulgación tecnológica con las cuales los productores puedan compartir las experiencias generadas en la multiplicación de variedades nuevas destacadas, como las variedades CC 01-678 y CC 01-746, de esta manera se aporta al manejo técnico de estas.
- La variedad 01-678 por ser de una arquitectura erecta y un porte delgado presenta un cierre tardío del cultivo, por lo cual se debe ser muy exigente en el control de arvenses para minimizar la competencia y evitar problemas de fitotoxicidad por aplicaciones químicas tardías. Sin embargo, esta característica la hace ideal para el corte mecanizado.
- La variedad 01-746 presenta alta producción de biomasa desde sus etapas tempranas, lo cual nos ayuda a inferir que es una variedad exigente en cuanto a nitrógeno y agua, por eso los planes nutricionales este elemento debe ser sobresaliente y los riegos muy estrictos. Debido a su tendencia a florecer, debe realizarse su siembra antes del mes de octubre para evitar que tenga madurez biológica en la época de floración en el valle del río Cauca, la cual se presenta entre los meses de julio y septiembre.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

AGRONICA, (2013). CC 85-92 ¿Variedad irremplazable? Carta informativa, publicación trimestral de Cenicaña. Año I. Numero I. Pág. 6 – 9. Cali – Colombia.

ASOCAÑA. (2018). Informe de sostenibilidad 2017-2018. Sector Agroindustrial de la Caña. Asociación de Cultivadores de la Caña de Azúcar. Cali, Valle del Cauca.

ARARÁT O., MILTON; SANCLEMENTE R., OSCAR E.; DE LA CRUZ C., CRISTIHAN A. 2015. Contribución de *Vigna unguiculata* L. a la sustentabilidad de sistemas de cultivo de caña de azúcar. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. [S.l.], v. 6, n. 2, p. 47 - 56, enero. ISSN 2145-6453. Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1404/1728>

CALDERON, H. VICTORIA, J. (1995) Establecimiento de Semilleros y Multiplicación de Variedades. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cenicaña. p. 115-129.

CENICAÑA (2011). Zonificación agroecológica para la caña de azúcar en el valle del rio Cauca. Cuarta aproximación. Principios metodológicos y aplicaciones. Serie técnica número 38. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia.

CEPAL. (2002). El conglomerado del azúcar del Valle del Cauca. Centro Nacional de Productividad, p 1–47.

CUTHBERT, Jojo. (2015) Aplicación de la matriz de Vester. Aulas digitales. Universidad del Rosario. Disponible en: [https://eaulas.urosario.edu.co/pluginfile.php/676365/mod\\_folder/content/0/Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20Matriz%20Vester.doc?forcedownload=1](https://eaulas.urosario.edu.co/pluginfile.php/676365/mod_folder/content/0/Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20Matriz%20Vester.doc?forcedownload=1)

CHAVES, M. (1995). Características de la variedad ideal de caña de azúcar en Costa Rica. Revista de Divulgación Científica Y Tecnológica, p 1–9.

CRUZ, J.M. (2015). Balance hidrológico de oferta y demanda de agua para riego en una unidad productiva. En: Manejo eficiente del riego en el cultivo de caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca. Cenicaña. Cali – Colombia, p 60-81.

CRUZ, Valderrama. (2011). Estrategias para la optimización del recurso hídrico en caña de azúcar. Convenio especial de cooperación entre el Sena y Asocaña. Memorias del Curso. Operador Tecnicaña. Cali – Colombia.

DAVILA, David. (2014). Evaluación de dos sistemas de siembra en caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) para la obtención de semilla en la provincia del Cañar – cantón La Tronca. Trabajo de pregrado. Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador.

FAO, (2003). Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura en Caña y Panela. Manual Técnico No. 12. Santiago de Chile. págs. 6-15.

G. MERINO et al. (2017). La diversificación de la industria azucarera. *Agroproductividad*, 10(11), 05–10.

CENGICAÑA (1994). Morfología de la caña de azúcar. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Guatemala. 10 p. Folleto no. 2.

GÓMEZ, Jaime. (1996). Control de malezas en caña de azúcar. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia – Cenicaña. Disponible en: [www.cenicana.org](http://www.cenicana.org)

GONZÁLEZ et al. (1995). Análisis de la Productividad en la Agroindustria Azucarera de Colombia y Perspectivas para Aumentarla. *Cenicaña*, 373–395.

INGENIO RISARALDA (2006). Guía para el control de calidad de las labores del cultivo de la caña de azúcar. Pereira. Ingenio Risaralda S.A. Fundeagro.

MARASCA, Indiamara; DA SILVA, Reginaldo; PEREIRA, Marcia; PAZ, Antonio; PEREIRA, Kleber. (2015). Morfología de la caña de azúcar en la preparación

profunda del suelo en canteros. IDESIA (Chile). Volumen 33, N° 4. Páginas 23-29.

Disponible en:

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v33n4/art04.pdf>

MARROQUIN, Oscar. (2014). Uso de siete densidades de siembra de caña de azúcar (*Saccharum Spp.*), variedad CP 88-1165 en ingenio La Unión, S.A. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuintla, Guatemala.

MARTINEZ, Fabián. (2015). Estudio de factibilidad de cambio de sistema de riego que mejore el rendimiento del cultivo de la caña de azúcar en la hacienda La Carmelita. Tesis de pregrado. UNAD. Palmira, Colombia.

MAYAGUEZ, Ingenio. (2016). Toma de muestra precosecha. Departamento de gestión de calidad y manejo ambiental. Ingenio Mayagüez S.A.

MUÑOZ, Arboleda. (2016). Conceptos básicos del suelo y su fertilidad para la nutrición de la caña de azúcar. Materiales para la transferencia de tecnología en la agroindustria de la caña de azúcar. Sistema de producción agrícola. Cenicaña. Cali-Colombia. 20 p.

NUÑEZ, Oscar; CRUZ, Ray. (2010). Germinación y desarrollo de la caña de azúcar sembrada con esquejes de diferentes secciones del tallo y edades de corte. Departamento de Agronomía. Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos. Guatemala. Disponible en:

[http://www.aeta.org.ec/2do%20congreso%20cana/art\\_campo/NUNEZ,%20semilla.pdf](http://www.aeta.org.ec/2do%20congreso%20cana/art_campo/NUNEZ,%20semilla.pdf)

OCDE, FAO (2017). Azúcar. Perspectivas Agrícolas 2017-2026. Resúmenes de los productos básicos. Disponible en:

<http://www.fao.org/3/a-BT0885.pdf>

OSORIO, G. (1998). Selección de variedades de caña de azúcar para la zona panelera de Antioquia. Corpoica, 1, 1–16.

OSORIO, G. (2007). Manual de Panela (1st ed.). Medellín, Colombia: FAO, Corpoica.

PAUCAR, Luz María. (2013). Tecnología de azúcar. Clasificación y control químico. Universidad Nacional del Santa. Disponible en:  
[http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/tema\\_10\\_azucar.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/tema_10_azucar.pdf)

PURDY, L.H. DEAN, J.L. (1980). Un sistema para registrar los datos sobre las interacciones entre la roya de la caña de azúcar y el hospedero. p. 177-180. En: Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar, 1. Enfermedades de la caña de azúcar. Memorias. Miami. 8-10 octubre, 1980. Vanguard, Miami.

QUINTERO, Duran, R. (1995). Fertilización y nutrición. El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia. Cenicaña. Cali. p. 153-177.

RIVERA, Francisco. (2008). El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) en la región de Cardel, centro de Veracruz. Monografía de pregrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en:  
[http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1417/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%20D1A%20DE%20AZUCAR%20\(Saccharum%20officinarum%20L.\)%20EN%20LA%20REGION%20DE%20CARDEL,%20CENTRO%20DE%20VERACRUZ.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1417/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%20D1A%20DE%20AZUCAR%20(Saccharum%20officinarum%20L.)%20EN%20LA%20REGION%20DE%20CARDEL,%20CENTRO%20DE%20VERACRUZ.pdf?sequence=1)

SAGARPA. (2015). Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes. Boletín técnico informativo del sector de la caña de azúcar. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación – SAGARPA. México.



SANCLEMENTE, Oscar; ARARÁT, Milton; DE LA CRUZ, Cristian. (2015). Contribución de *Vigna unguiculata L.* a la sustentabilidad de sistemas de cultivo de caña de azúcar. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 47 - 56, dec. 2015. ISSN 2145-6453. Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1404/1728>>.

SUGARCANE CROPS (2017). El cultivo de la caña de azúcar. Tecnología para agricultores. Portal digital. Disponible en: <http://www.sugarcanecrops.com/s/introduction/>

TIQUE, Waldemar. (2015). Evaluación de características agronómicas en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), empleando dos distancias de siembra en un vertisol de la Hacienda Taula Zulamita, en el municipio de Guachené (Cauca). Tesis de pregrado. UNAD. Palmira, Colombia.

VARGAS, German. (2015). Evaluación del daño de los barrenadores de la caña: *Diatraea spp.* y su control. Guía metodológica. Serie sistema de producción agrícola. Centro de investigación de la caña de azúcar – Cenicaña.

VICTORIA, et al. (2013). Catálogo de variedades de caña de azúcar. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia – Cenicaña. Cali, Valle del Cauca:

VIVEROS, C. A; VICTORIA, J. I; PALMIRA, A. (2005). Resultados semicomerciales de variedades promisorias. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali, Valle del Cauca.

VIVEROS, Carlos. (2009). Variedades de caña de azúcar con más sacarosa y más toneladas de caña por hectárea para la zona semiseca. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Programa de variedades. Cali, Valle del Cauca.

VIVEROS, Carlos; BAENA, Diosdado; SALAZAR, Fredy; LÓPEZ, Luis; VICTORIA, Jorge. (2014). Características de la caña de azúcar asociadas con toneladas de

caña por hectárea y sacarosa (% caña). Acta Agronómica No. 64. Mejoramiento Genético Vegetal y Recursos Fitogenéticos. CENICAÑA. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.

9.

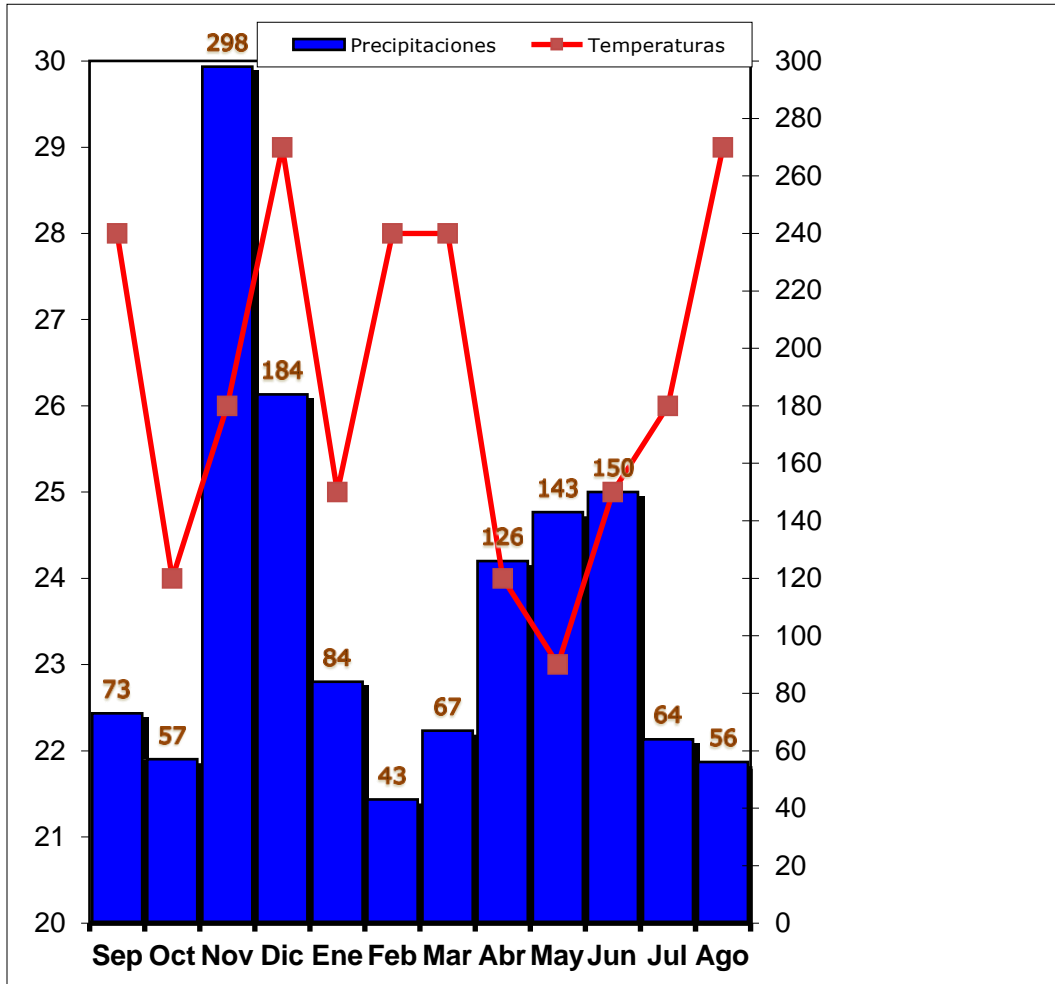
## ANEXOS

### Anexo 1. Climograma del ensayo

Climograma del ensayo		
Hacienda:	El Recreo	
Localidad:	Tuluá - Valle	
Latitud:	4°07'24.7"	
Longitud:	76°12'14.2"	
Altitud:	980 msnm	
Tabla de datos		
Mes	Precipitaciones (mm)	Temperaturas °C
Sep	73	28
Oct	57	24
Nov	298	26
Dic	184	29
Ene	84	25
Feb	43	28
Mar	67	28
Abr	126	24
May	143	23
Jun	150	25
Jul	64	26
Ago	56	29
Medias	112,08	26,25
Total	1345,00	

Fuente: Elaboración propia.

Climograma Hacienda El Recreo



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Estadística descriptiva

### Capacidad de Macollamiento

<i>Tallos por cepa</i>	
<i>60 días</i>	
Media	11,366667
Error típico	0,2774404
Mediana	11,5
Moda	10
Desviación estándar	1,5196037
Varianza de la muestra	2,3091954
Curtosis	-0,981712
Coefficiente de asimetría	0,1459042
Rango	5
Mínimo	9
Máximo	14
Suma	341
<b>Cuenta</b>	<b>30</b>

### Tallos por metro lineal.

<i>Tallos por metro</i>	
<i>270 días</i>	
Media	11,558333
Error típico	0,3378762
Mediana	11,45
Moda	12,2
Desviación estándar	1,1704376
Varianza de la muestra	1,3699242
Curtosis	-1,0851052
Coefficiente de asimetría	0,1752297
Rango	3,7
Mínimo	9,8
Máximo	13,5
Suma	138,7
<b>Cuenta</b>	<b>12</b>

### Altura de tallos.

<i>Altura de tallos</i>	
<i>270 días</i>	
Media	2,94709677
Error típico	0,06658198
Mediana	2,9
Moda	2,6
Desviación estándar	0,37071277
Varianza de la muestra	0,13742796
Curtosis	-1,24468153
Coficiente de asimetría	0,12280208
Rango	1,2
Mínimo	2,4
Máximo	3,6
Suma	182,72
<b>Cuenta</b>	<b>60</b>

### Diámetro de tallos.

<i>Diámetro de tallos</i>	
<i>270 días</i>	
Media	2,89333333
Error típico	0,04864446
Mediana	2,85
Moda	2,8
Desviación estándar	0,26643668
Varianza de la muestra	0,07098851
Curtosis	-0,09707475
Coficiente de asimetría	0,70942707
Rango	1
Mínimo	2,5
Máximo	3,5
Suma	173,6
<b>Cuenta</b>	<b>60</b>